

**Eine Verfahrensübersicht**

# ***Die Desinfektion von Trinkwasser mit Chlor und Chlordioxid***

*W. Roeske und Ch. Müller, Günzburg*

FACHVERLAG  
HANS CARL

NÜRNBERG

# Die Desinfektion von Trinkwasser mit Chlor und Chlordioxid

## Eine Verfahrensübersicht

W. Roeske, Ch. Müller, Günzburg

**D**urch den weltweiten Tourismus und damit durch die Verbindung mit potenziellen Seuchengebieten ist eine Gefährdung auch unseres Trinkwassers in seuchenhygienischer Hinsicht jederzeit gegeben. Während in den meisten industrialisierten Ländern nach Einführung der Trinkwasserdesinfektion die durch verseuchtes Wasser hervorgerufenen Epidemien schlagartig zurückgegangen sind, werden nach Untersuchungen der WHO (World-Health-Organisation) 80% der Krankheiten und Seuchen in der Dritten Welt auf Mängel in der Trinkwasserversorgung zurückgeführt.

Die Aufgabe der Trinkwasserdesinfektion ist es, pathogene Bakterien abzutöten und pathogene Viren zu inaktivieren. In der Praxis hat sich die Chlorung als Desinfektionsverfahren in der Trinkwasseraufbereitung und zur Verhinderung einer Wiederverkeimung im Rohrnetz bis heute bewährt. Überall dort, wo die Chlorung zur Desinfektion eingesetzt wird, sind keine Trinkwasserseuchen größeren Ausmaßes mehr aufgetreten.

Bei der Desinfektion von Trinkwasser dürfen gemäß neuer Trinkwasserverordnung 2001 in Deutschland folgende Mittel eingesetzt werden: Chlorgas, Natrium- und Calciumhypochlorit, Chlordioxid und Ozon. Als Desinfektionsmittel für Trinkwasser kommen vor allem Chlorgas, Natriumhypochlorit (Chlorbleichlauge), Calciumhypochlorit und Chlordioxid in Frage. Die Tabelle 1 zeigt eine Zusammenstellung dieser Desinfektionsmittel.

Autoren: Dipl.-Chem.-Ing. Wolfgang Roeske, Dipl.-Brm. Christoph Müller, Günzburg

Weitere Details unter:  
<http://www.brauwelt.de/deutsch/Autoren/spezial.html> – „Autorenverzeichnis“

***Was die Bedeutung des Wassers bei der Übertragung bestimmter Infektionskrankheiten anbelangt, sind fundierte Kenntnisse vorhanden. So können durch Trinkwasser eine Vielzahl von Erkrankungen, insbesondere des Magen-Darm-Traktes, übertragen werden. Es handelt sich hierbei vor allem um Krankheiten wie Typhus, Paratyphus, Cholera, Brechdurchfall, Bakterienruhr, Leptospirosen und Wurmkrankheiten sowie durch Viren ausgelöste Krankheiten, wie z.B. Hepatitis und Poliomyelitis.***

### ■ Chlorgasdosieranlage

Die heute üblichen Chlorgasdosiergeräte arbeiten alle nach dem Vollvakuumprinzip und werden ausschließlich für die indirekte Chlorung eingesetzt. Unter indirekter Chlorung versteht man in der Wasseraufbereitung die Herstellung einer Chlorklösung, die am Ort des Einsatzes aus Chlorgas und Wasser bereit wird. Diese Chlorklösung dient dann als Desinfektionsmittel.

Mit der Einführung der Vollvakuum-Chlorgasdosiergeräte sind auch von Seiten der Sicherheit keine Bedenken mehr gegen die Anwendung von Chlorgas zu erheben.

Vom Vollvakuum spricht man, wenn in der gesamten Installation, d.h. von der Chlorflasche bzw. vom Chlorfass bis zur Impfstelle (Injektoreinführung), Unterdruck vorliegt. Dadurch kann bei einem Defekt, sei es in der Chlorgaszuführung, im Dosiergerät oder in der Gasleitung zum Injektor, kein Chlorgas austreten. Im Falle einer Undichtigkeit würde nur Luft in das System eintreten, und damit ist ein Risiko durch ausströmendes Chlorgas ausgeschlossen. Das Vollvakuumprinzip stellt somit ein Höchstmaß an Sicherheit dar.

In Abbildung 1 wird eine Vollvakuum-Chlorgasdosieranlage gezeigt. Ab dem Flaschenanschlussventil wird der Chlorgasdruck in der Flasche von etwa 6 bar auf einen Unterdruck von 850 mbar abs. reduziert. Dadurch ist sichergestellt, dass bei Undichtigkeiten oder gar Leitungsbruch kein Chlorgas austritt. Über einen automatisch arbeitenden Behälterumschalter wird von den leeren auf die vollen Chlorflaschen umgeschaltet, so dass eine ununterbrochene Chlorversorgung gewährleistet ist. Als zusätzliche Sicherheitseinrichtung zur Überwachung des Chlorgas-Lager- und Dosiererraumes ist ein Chlorgaswarngerät zu installieren.

### ■ Natriumhypochlorit Bereitungs- und Dosieranlage

Für die Chlorung von kleineren Wassermengen kann für die Trinkwasserdesinfektion Natriumhypochlorit (Chlorbleichlauge) eingesetzt werden. Sie steht als handelsübliche Lösung mit 150 – 170 g/l wirksamen Chlor zur Verfügung und ist über den Chemiekalienhandel erhältlich. Diese Natriumhypochlorit-Lösung ist nur begrenzt haltbar. Sie zersetzt sich allmählich, wobei der Gehalt an wirksamem Chlor abnimmt. Die Zersetzung wird begünstigt durch die Einwirkung von Licht, Wärme und durch Verunreinigung, z.B. durch Schwermetallspuren. Die Dosierung erfolgt meist über selbstentlüftende Membranpumpen, die über eine automatisch arbeitende Chlorüberschuss-Mess- und Regelanlage gesteuert werden, direkt in den Wasserstrom.

Die Nachteile der begrenzten Lagerung können ausgeschlossen werden, indem

**Tabelle 1 Desinfektionsmittel für Trinkwasser**

Desinfektionsmittel	chem. Formel	Aggregatzustand	Handelsform/Anwendungsform
Chlorgas	Cl <sub>2</sub>	gasförmig	verflüssigt in Stahlflaschen 50 kg, 65 kg oder Stahlfässer mit 500 kg und 1000 kg Inhalt. Lieferbedingungen nach DIN EN 937 @ 99,5% Cl <sub>2</sub> , max. 20 ppm H <sub>2</sub> O, die Zugabe erfolgt in Form wässriger Lösungen mit 0,3 – 3 g/l Cl <sub>2</sub> oder: hergestellt am Verwendungsort durch Elektrolyse aus Natriumchlorid-Lösung oder Salzsäure.
Natriumhypochlorit	NaClO	flüssig, als wässrige Lösung	handelsübliche Lösung mit 150 – 170 g/l wirksamen Chlor, Natriumhypochlorit-Lösung enthält ca. 12 g/l Natronlauge und ist daher stark alkalisch, pH-Wert 11,5 – 12,5; Lieferbedingungen nach DIN EN 901 enthält als Nebenbestandteile ca. 140 g/l Natriumchlorid (NaCl) und ca. 5 g/l Natriumchlorat (NaClO <sub>2</sub> ) sowie Bromat, ist schlecht lagerfähig, zersetzt sich oder: hergestellt am Verwendungsort durch Elektrolyse von Natriumchlorid-Lösung. Konzentration der Lösung je nach Elektrolyseverfahren 8 – 25 g/l wirksames Chlor. Die aus Salzsole hergestellte Hypochlorit-Lösung hat einen pH-Wert von 9 – 10.
Calciumhypochlorit	Ca(ClO) <sub>2</sub>	fest	handelsüblich als Pulver, Granulat oder Tabletten, Lieferbedingungen nach DIN EN 900, Calciumhypochlorit sollte mindestens 65% Aktiv-Chlor enthalten, es enthält weiterhin 4 – 7% in Wasser unlösliche Anteile und mindestens 5 – 10% H <sub>2</sub> O, wird als 1 – 5%ige Lösung eingesetzt, der pH-Wert der Lösung beträgt 10 – 11.
Chlordioxid	ClO <sub>2</sub>	flüssig, als wässrige Lösung	wird am Ort der Verwendung aus Chlorgas und Natriumchlorit-Lösung oder aus Salzsäure und Natriumchlorid-Lösung hergestellt. Konzentration der Lösung 0,5 – 4,0 g/l ClO <sub>2</sub> .

man die Natriumhypochlorit-Lösung direkt am Verwendungsort herstellt. Hier werden Lösungen mit geringerer Konzentration bereit, die ohne lange Zwischenlagerung verbraucht werden. Für die Herstellung bieten sich Chlor-Elektrolyseanlagen an: die offene Rohrzellenelektrolyse und die Membran-Elektrolyse.

Wie in Abbildung 2 zu sehen, stellt sich das moderne Chlor-Membranelektrolyse-Verfahren wie folgt dar: Das Herzstück der Anlage ist, wie bei allen Elektrolyseanlagen, die Elektrolysezelle, die aus einem Anoden- und einem Kathodenraum besteht. Beide Räume sind durch eine Membran voneinander getrennt. Neuentwickelte, spezialbeschichtete Elektroden gewährleisten zusammen mit einer integrierten Membranreinigung die hohe Lebensdauer der Zellen.

Dem Anodenraum wird gesättigte Sole aus dem Salzlösebehälter zugeführt. Der Kathodenraum wird mit enthärtetem Wasser gespeist. Im Kathodenraum wird Wasser zu OH-Ionen und Wasserstoffgas (H<sub>2</sub>) reduziert. Im Anodenraum werden Chlorid-Ionen (Cl<sup>-</sup>) zu Chlorgas (Cl<sub>2</sub>) oxidiert. Die Natriumionen wandern aus dem Anodenraum durch die Membran in den Kathodenraum und bilden dort mit den OH-Ionen Natronlauge (NaOH). Das Besondere bei dieser Technik ist unter anderem, dass die den Anodenraum verlassende Magersole mit Chlor – kurz Analyt genannt – im geschlossenen Kreislauf geführt wird. Der geschlossene Kreislauf besteht aus der Elektrolysezelle und dem Chlorseparator. Die Magersole wird nicht, wie beim herkömmlichen Standard-Membranverfahren,

in den Salzlösebehälter zurückgeführt. Dadurch gelangt kein Chlor in den Salzlösebehälter. Chlor kann aus dem Salzlösebehälter nicht ausgasen und auch nicht in die Umgebung gelangen. Die beim Standard-Membranverfahren erforderliche pH-Wert-Korrektur mit Natronlauge entfällt.

Es entstehen in der Elektrolysezelle Natronlauge und Chlor im Mol-Verhältnis 1:1. Die Produkte werden – ohne Abzweigung – dem Reaktor zugeführt. Im Reaktor findet schließlich die Reaktion von Chlorgas und Natronlauge zu Natriumhypochlorit statt. Mittels zweier Wärmeaustauscher – im

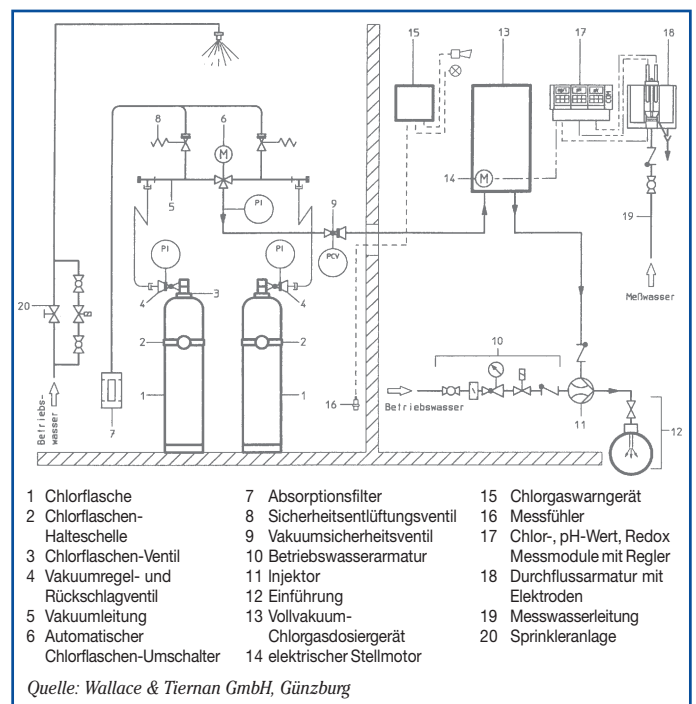
Analytkreislauf und im Reaktor – wird ein Teil der aufgewandten Energie zurückgewonnen. Die Natriumhypochlorit-Lösung verlässt den Reaktor mit einer Konzentration von 25 g/l Chlor und maximal 25 °C und wird in den Vorratsbehälter gefördert. Die hergestellte Natriumhypochlorit-Lösung weist eine besonders hohe Stabilität auf und wird aus dem Vorratsbehälter direkt in das zu behandelnde Wasser dosiert. Verstopfungen am Impfstück durch Ausfällungen von Härtebildern können durch die besondere Ausführung des Impfstückes vermieden werden. Die gesamte Anlage mit ihrer SPS-Steuerung, der Enthärtungsanlage und dem Gleichrichter ist auf einem Montagerahmen funktionell angeordnet und ist mit einer Zellenblock-Abdeckung vor unsachgemäßem Zugriff geschützt.

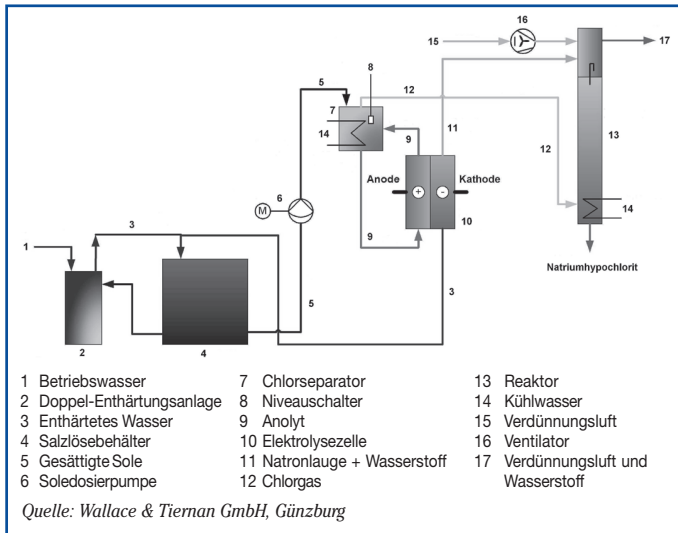
Ein anderes Verfahren der Membranelektrolyse kann aus Salzsäure direkt hypochlorige Säure herstellen und arbeitet wie folgt: Ein Elektrolyseprozess spaltet verdünnte Salzsäure (HCl) in Chlor (Cl<sub>2</sub>) und Wasserstoff (H<sub>2</sub>). Das Chlor wird am Ausgang der Elektrolysezelle einem Teilstrom des Trinkwassers zugesetzt und liegt dann sofort gelöst als hypochlorige Säure vor. Das Bypass-Wasser wird dann dem Hauptstrom wieder zugeführt. Der entstandene Wasserstoff strömt über eine Leitung ins Freie. Zur Bereitung der hypochlorigen Säure wird üblicherweise verdünnte Salzsäure mit 9% oder 18% verwendet.

### ■ Calciumhypochlorit-Dosieranlage

Calciumhypochlorit ist ein Festchlorpräparat, das als Granulat und in Form von Tabletten im Handel erhältlich ist. Zur Herstellung einer Dosierlösung wird nur Gra-

**Abb. 1 Vollvakuum-Chlorgasdosier- und Regelanlage**





**Abb. 2**  
**Verfahrensschema**  
**der Chlor-**  
**Membranelektrolyse**  
**(NaCl)**

genüber Chlor, weil bei Chlor die desinfizierende Wirkung mit steigendem pH-Wert abnimmt.

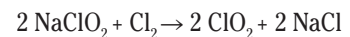
Chlordioxid ist im Wasser sehr beständig. Nach abgeschlossener Zehrung lässt sich ein Überschuss über längere Zeit aufrecht erhalten, so dass auch bei ausgedehnten Rohrnetzen eine wirksame Konzentration bis in die Endstränge gewährleistet ist und somit einer Wiederverkeimung des Wassers im Rohrnetz wirksam begegnet wird.

Auf Grund der physikalischen und physikalisch-chemischen Eigenschaften wird Chlordioxid nur in Form von wässrigen Lösungen am Ort der Verwendung in besonderen Apparaturen bereit. Chlordioxid wird entweder aus Natriumchlorit und Chlor als Aktivierungsmittel oder aus Natriumchlorit und Säure – vorzugsweise Salzsäure – hergestellt.

Chlordioxid-Bereitungsanlagen gibt es in verschiedenen Leistungsbereichen: von 5 bis 250 g/h  $\text{ClO}_2$  bis hin zu Anlagen, die 5 kg/h Chlordioxid erzeugen können.

### ■ Chlorit/Chlor-Chlordioxidanlagen

Als Ausgangskemikalien für die Chlordioxidbereitung nach dem Chlorit/Chlor-Verfahren (s. Abb. 3) werden Natriumchlorit-Lösung und Chlorgas verwendet. Die Umsetzung läuft nach folgender Reaktionsgleichung ab:



Natriumchlorit + Chlorgas → Chlordioxid + Natriumchlorid

Um 1000 g  $\text{ClO}_2$  herzustellen, werden theoretisch 1340 g  $\text{NaClO}_2$  und 555 g  $\text{Cl}_2$  benötigt.

nutul eingesetzt, das je nach Produkt 65 bis 75% wirksames Chlor enthält.

Für die Bereitung der Dosierlösung sind Löse- und Dosierbehälter mit Schrägböden einzusetzen, weil Calciumhypochlorit ca. 10% unlösliche Anteile enthält. Diese setzen sich am Schrägboden des Lösebehälters ab, und man erhält nach ca. 30 Minuten Absetzzeit eine klare Calciumhypochlorit-Lösung, die in den Dosierbehälter umgefüllt werden kann. Für die Dosierung werden vorzugsweise Membrandosierpumpen eingesetzt, die über eine automatisch arbeitende Mess- und Regelanlage angesteuert werden.

### ■ Chlordioxid

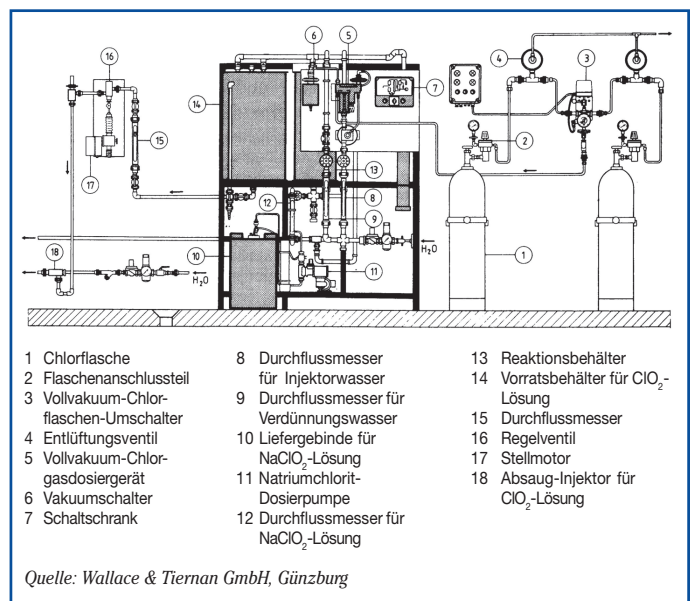
Seit 1974 ist bekannt, dass bei der Chlorung von Trinkwasser als Nebenreaktion Trihalogenmethane (Haloforme) entstehen können. Trihalogenmethane können sich bei Vorhandensein von Huminstoffen, die durch den Zusatz von Chlor halogeniert werden, bilden. Da Trihalogenmethane im Trinkwasser unerwünscht sind, wurde ein Grenzwert von 0,05 mg/l in der Trinkwasserverordnung festgelegt.

Für die Entstehung der Trihalogenmethane sind unter anderem die eingesetzte Chlormenge und die Einwirkungszeit des Chlors mit von Bedeutung. Durch eine genaue Steuerung der Chlordosierung und durch die Einhaltung bestimmter Reaktionsbedingungen kann die Chlorierungsreaktion unterdrückt werden. Wird der Grenzwert von 0,05 mg/l dennoch überschritten, so bietet sich der Einsatz von Chlordioxid anstelle von Chlor für die Desinfektion an. Mit Chlordioxid erfolgt keine Trihalogenmethanbildung. Darüber hinaus hat Chlordioxid weitere Vorteile. So können unangenehme Geruchs- und Geschmacksstoffe im Wasser, die z.B. von Phenolen, Algen oder deren Zerfallsprodukten herrühren, durch Chlordioxid

so verändert werden, dass sie anschließend nicht mehr organoleptisch wahrgenommen werden können.

Im Gegensatz zu Chlor bildet Chlordioxid mit Phenolen keine übelriechenden Chlorphenole. Manche zu desinfizierende Wässer enthalten Ammonium, das die Desinfektion mit Chlor stören kann. In diesen Fällen empfiehlt sich der Einsatz von Chlordioxid, da es mit Ammonium und anderen Stickstoff-Verbindungen nicht reagiert.

Zweiwertiges Eisen und Mangan wird durch Chlordioxid oxidiert, auch wenn sie komplex gebunden sind, da Chlordioxid auch die organischen Komplexbildner angreift. Die spoziride und viruzide Wirkung von Chlordioxid ist bei gleicher Konzentration besser als die von Chlor. Da Chlordioxid selbst noch im Bereich pH 8 – 9 gute desinfizierende Eigenschaften besitzt, ist es für die Desinfektion von Wässern mit höheren pH-Werten geeignet. Dies ist ein besonderer Vorteil des Chlordioxids ge-



**Abb. 3**  
**Chlorit/Chlor-**  
**Chlordioxidanlage**

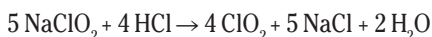


Für die Herstellung der notwendigen Chlorlösungs-Konzentration von mindestens 3,5 g/l Chlor ist eine Betriebswasserversorgung mit ausreichendem Vordruck erforderlich. Am Durchflussmesser wird der Wasservolumenstrom exakt in l/h eingestellt und elektrisch über einen Reedkontakt überwacht. Der entsprechende Chlorgas-Massenstrom wird am Vollvakuum-Chlorgasdosiergerät in g/h eingestellt und mit dem Vakuumschalter überwacht. Mit der hohen Konzentration von 3,5 g/l Chlor wird eine stark saure Chlorlösung bereit, gleichzeitig wird die Natriumchlorit-Lösung (300 g/l NaClO<sub>2</sub>) mit einer Dosierpumpe aus dem Liefergebilde angesaugt und unmittelbar vor Eintritt in den Reaktionsbehälter mit der Chlorlösung vermischt. Vor Eintritt der Chlordioxid-Lösung in den Vorratsbehälter wird Verdünnungswasser zugegeben. Die Verdünnungswasserzugabe richtet sich nach der gewünschten Anwendungskonzentration des Chlordioxids und sollte auch hier aus Sicherheitsgründen unter 4 g/l Chlordioxid liegen. Die Konzentration ist vorzugsweise mit 2 g/l ClO<sub>2</sub> zu wählen und der dazu notwendige Verdünnungswasser-Volumenstrom am Durchflussmesser genau einzustellen.

Sämtliche Funktionen der vollautomatisch arbeitenden Bereitungsanlage werden von einem Schaltschrank, der mit einem Blockschaltbild versehen ist, gesteuert. Bei Ausfall eines Aggregates wird dies auf dem Blindschaltbild angezeigt, die Anlage ausgeschaltet und eine Störmeldung ausgegeben.

### ■ Chlorit/Salzsäure-Chlordioxidanlage

Chlordioxid kann weiterhin aus Natriumchlorit und Salzsäure bereit werden (s. Abb. 4), wobei handelsübliche Lösungen eingesetzt werden. Die Umsetzung läuft nach folgender Reaktionsgleichung ab:



Natriumchlorit + Salzsäure → Chlordioxid + Natriumchlorid + Wasser

Um 1000 g ClO<sub>2</sub> herzustellen, werden theoretisch 1676 g NaClO<sub>2</sub> und 540 g HCl benötigt.

Die Bereitung der Chlordioxid-Lösung mit verdünnten Lösungen wird nach folgendem Verfahren durchgeführt: Natriumchlorit-Lösung (7,5%ig) und Salzsäure (9%ig) werden aus den handelsüblichen Liefergebilden oder aus Lagerbehältern von je einer Membrandosierpumpe dem Reaktionsbehälter zugeführt. Die exakte Zugabe der beiden Ausgangskomponenten wird mit Durchflusssensoren überwacht und geregelt. Der Überschuss an Salzsäure im Reaktor gewährleistet eine hohe Umset-

zung des Chlorits zu Chlordioxid. Die im Durchlauf nach einer definierten Reaktionszeit von ca. 15 Minuten entstandene Chlordioxidlösung weist eine Konzentration von 20 g/l ClO<sub>2</sub> auf. Die Lösung wird dem Betriebswasser zugeführt und mit diesem durch einen Statikmischer geführt. Das Betriebswasser, mit einem ClO<sub>2</sub>-Gehalt von jetzt 0,05 – 0,30 g/l, wird nun wieder dem Hauptstrom zugespeist. Die gesamte Anlage wird durch eine SPS-Steuerung überwacht und geregelt. Sollen mehrere Verbraucher mit einer Chlordioxid-Anlage versorgt werden, kann auch eine Chargen-Produktion realisiert werden.

Weiterhin kann Chlordioxid auch aus konzentrierten Lösungen bereit werden. In diesem Fall setzt man eine 24%ige Natriumchlorit-Lösung und eine 33%ige Salzsäure ein. Die Verdünnung der konzentrierten Lösungen und die Bereitung der ClO<sub>2</sub>-Lösung wird wie folgt durchgeführt: Mit Hilfe eines Injektors werden gleichzeitig Natriumchlorit-Lösung und Salzsäure angesaugt, vermischt und dem Reaktor zugeführt. Die Lösung aus dem Reaktor mit einer ClO<sub>2</sub>-Konzentration von 15 – 20 g/l wird anschließend auf 2 – 3 g/l ClO<sub>2</sub> verdünnt und in den Chargen-Behälter überführt. Durch das spezielle Verfahren und durch die elektrische Überwachung ist die Sicherheit der Anlage gewährleistet. Die beiden konzentrierten Lösungen können niemals ohne die notwendige Wasserzugabe vermischt werden.

### ■ Mess- und Regelanlagen für Chlor- und Chlordioxid-Lösung

Um die vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Chlorwerte im Trinkwasser einzuhalten, muss die Chlordosierung der Wassermenge und der Chlorzehrung entsprechend angepasst werden.

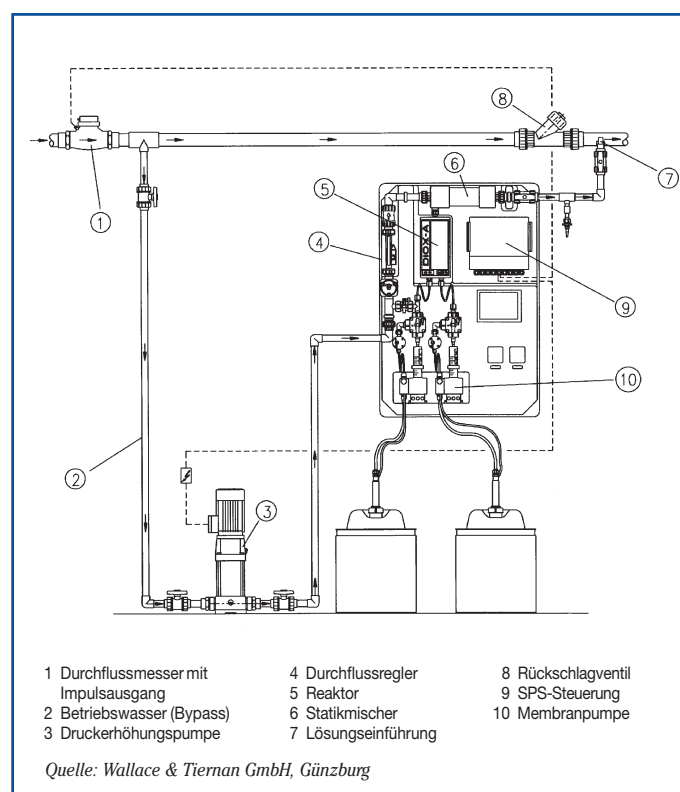
Für Chlor wird eine maximale Zugabe von 1,2 g/l vorgeschrieben, wobei ein Chlorwert von 0,3 g/l am Punkt der Einspeisung ins Trinkwassernetz nicht überschritten werden darf.

Die Zugabemenge an Chlordioxid soll für Trinkwasser maximal 0,4 mg/l betragen. In der Regel sind bei gut aufbereitetem Wasser 0,15 – 0,20 mg/l ausreichend.

Generell sollte die Zugabemenge dem jeweiligen Anwendungsfall angepasst und minimiert werden. Folgende automatische Betriebsarten sind möglich:

- mengenproportionale Dosierung: Bei gleichbleibender Chlorzehrung des Wassers regelt man bei schwankender Wasserförderung mengenproportional. Die Zugabemenge an Chlor- bzw. Chlordioxid-Lösung ist abhängig vom Durchfluss der zu behandelnden Gesamtwassermenge und wird mittels eines analogen oder digitalen Durchflusssignals gesteuert;

**Abb. 4**  
**Chlorit/Salzsäure-Chlordioxidanlage mit verdünnten Lösungen**



- **messwertgeführte Dosierung:** Bei konstanter Wasserförderung, aber schwankender Chlor-/Chlordioxidzehrung regelt man nach dem Überschuss. Die Zugabemenge an Chlor- bzw. Chlordioxid-Lösung ist abhängig von der gemessenen Konzentration. Es muss hierbei ein externes Steuersignal angeschlossen werden. Voraussetzung für die automatische Dosierung nach dem Überschuss ist die genaue Messung des Chlor-/Chlordioxidgehaltes. Nur durch eine zuverlässige, kontinuierliche und genügend empfindliche Messung kann eine automatische Chlor-/Chlordioxid-Dosieranlage zufriedenstellend arbeiten. Für die Praxis ist es wichtig, dass das Chlor-/Chlordioxidmessgerät auch über längere Zeiträume und ohne aufwändige Wartung genaue Messwerte liefert. In der Praxis bewährt haben sich Messgeräte, die nach dem Depolarisationsprinzip arbeiten und über eine hydromechanische Elektrodenreinigung verfügen;
- **Dosierung mit kombinierter Regelung:** Die genaueste und für die Qualität des Trinkwassers beste Regelung ist die Verwendung beider Messgrößen (Waserdurchfluss und Chlor-/Chlordioxidüberschuss). Proportional zu einer Steuergröße (z.B. Durchflusssignal) wird eine Dosierleistung von einem externen Regler errechnet. Diese Dosierleistung hat im linearen und störungsfreien Prozess eine konstante Messgröße zur Folge. Diese Messgröße wird zusätzlich auf Grund eines Sollwertes (z.B.  $\text{ClO}_2$ -Konzentration) geregelt.

Die Dosierung der bereiteten Chlor- bzw. Chlordioxid-Stammlösung im Chargenverfahren kann entweder mit Dosierpumpen oder durch Absauginjektoren erfolgen. In der Praxis hat sich der Einsatz von Absauginjektoren zur Dosierung der Chlor-/Chlordioxid-Lösung bewährt, da die Membranen von Dosierpumpen nur begrenzte Standzeiten haben.

Nach Abbildung 3 erfolgt die Lösungs-Dosierung mittels Absauginjektor folgendermaßen: Das Betriebswasser erzeugt im Injektor einen Unterdruck (Venturi-Prinzip). Mit Hilfe des Unterdrucks wird über ein Durchflussregelventil mit vorgeschaltetem Durchflussmesser die Chlordioxid-Lösung aus dem Vorratsbehälter abgesaugt. Der zu dosierende Volumenstrom wird am Durchfluss-Regelventil eingestellt und kann am Durchflussmesser abgelesen werden. Die automatische Regelung des Volumensstromes erfolgt proportional zur Wassermenge oder nach dem Chlordioxid-Überschuss. Die abgesaugte Chlordioxid-Lösung wird im Injektor mit Wasser vermischt und am Impfstück dem zu behandelnden Wasser zudosiert.

Ferndiagnosekonzepte ermöglichen die Einbindung prozessrelevanter Daten und Messgrößen in übergeordnete Visualisierungssysteme. Auch lassen sich benutzerdefinierte Meldungen an beliebige Medien wie Telefon, Fax und E-Mail weiterleiten. Das Ferndiagnosekonzept wird nach den Wünschen des Betreibers ausgerichtet.

### ■ **Schlussbemerkung**

Für eine sichere Desinfektion hat sich der Einsatz von Chlorgas seit vielen Jahrzehnten als überaus zuverlässiges Mittel bewährt. Weil Chlor lange Zeit durch kein besser geeignetes Desinfektionsmittel zu ersetzen war, entwickelte sich die Anlagentechnik für die Dosierung dieses Mediums bis hin zu dem heutigen hohen Standard und erfüllt dabei jeden Anspruch auf Sicherheit.

Durch den Einsatz von Dosier-, Mess- und Regeltechnik lässt sich Chlor so nutzen, dass die in der Trinkwasserverordnung festgesetzten Grenzwerte nicht überschritten, gleichzeitig aber eine sichere Desinfektion gewährleistet wird.

Wo es beispielsweise in Verbindung mit Chlor zur Bildung von unerwünschten Geschmacksstoffen im Wasser kommen kann, bietet sich als Alternative Chlordioxid an. Chlordioxid hat darüber hinaus die positive Eigenschaft, die Desinfektionswirkung bei hohen pH-Werten sicherstellen zu können. Daher ist Chlordioxid für die Desinfektion von Wässern in der Getränke- und Lebensmittelindustrie bestens geeignet. ■