

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand



**CHLORGAS AUSBRUCH – SZENARIO FÜR DIE FREISETZUNG VON CHLORGAS**

Referent: **Georg Csontos**

© 2016 Evoqua Water Technologies GmbH



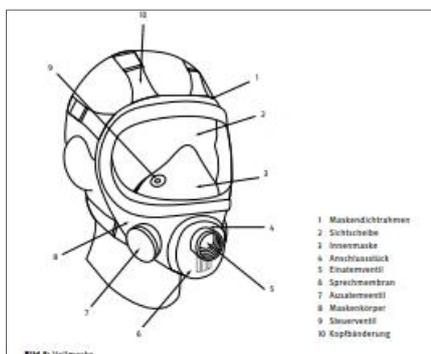
**VORTEILE VON CHLORGAS ALS DESINFEKTIONSMITTEL**

- Chlorgas zerfällt nicht bei sachgerechter Lagerung und Transport.
- Chlorgas ist hoch konzentriert.
- Chlorgas ist für die Badewasserbehandlung sehr effektiv.
- Chlorgas ist stark atemwegsreizend lange bevor Gesundheitsschäden eintreten.
- Chlorgas lässt sich sehr exakt dosieren.
- Chlorgas ist sehr gut nachweisbar im Wasser.
- Chlorgas ist sehr gut nachweisbar in der Luft.

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 2 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## SCHUTZ DES MENSCHEN VOR CHLORGAS - PSA



Ref.: DGUV R 112\_190

Chlorgasfilter: B2P2

Wechselintervalle: 6 Monate

Wichtig für Atemschutzmaske:

- Aufbewahrung ausserhalb des Chlorgasraums.
- Beim Flaschen-/Fasswechsel ist das Tragen Pflicht !
- Bei Restdrucksicherung nach TRGS 745 / TRBS 3145 Freisetzung von Chlorgas unvermeidlich.
- Arbeitsmittel (bei Bedarf Fluchtmaske) !

**Wallace & Tiernan**  
an EVOQUA brand

Page 3 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## ATEMSCHUTZMASKE



Abb. 2

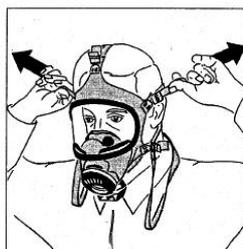


Abb. 3



Abb. 4

### 4 Gebrauch

#### 4.1 Bereithalten

Die Maske wird entweder am Trageband vor der Brust oder in der Tragebüchse bereitgehalten. Um die Innenseite der Maske vor Schmutz zu schützen, wird beim Bereithalten vor der Brust der Haken des Tragebandes in die Stirnschnalle eingehängt.

#### 4.2 Anlegen

Die Kopfbänderung wird mit beiden Händen auseinandergehalten und das Kinn zuerst in die Kinntasche gesetzt. Nach dem Überstreifen der Kopfbänderung (auf glatten Sitz achten) werden die Bänder gleichmäßig und fest angezogen, zuerst die Nacken-, dann die Schläfenbänder und zuletzt das Stirmband (Abb. 2 und 3).

#### 4.3 Dichtheitsprobe

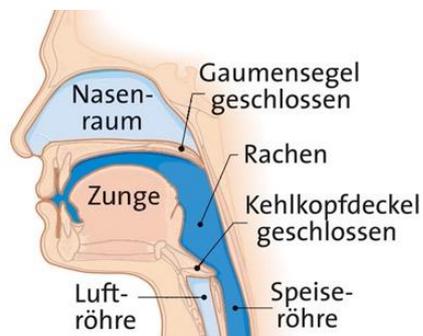
Zur Kontrolle des dichten Sitzes muß eine Dichtheitsprobe vorgenommen werden. Dazu wird das Anschlußstück oder die Ansaugseite des Filters mit dem Handballen abgedichtet (Handballenprüfung, Abb. 4). Beim Einatmen und Anhalten des Atems darf keine einströmende Luft spürbar sein. Die Dichtheitsprobe ist vor jedem Einsatz durchzuführen. Zuverlässiger ist eine Kontrolle des Dichtsitzes im Prüfraum mit dem kompletten Atemschutzgerät.

**Wallace & Tiernan**  
an EVOQUA brand

Page 4 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## WIRKUNG VON CHLOR AUF DEN MENSCHLICHEN KÖRPER

Reizung der oberen Atemwege lange bevor es zu einer Verätzungen der Schleimhäute kommt.



Aufbau der oberen Atemwege

Ref.: Henning Mohring

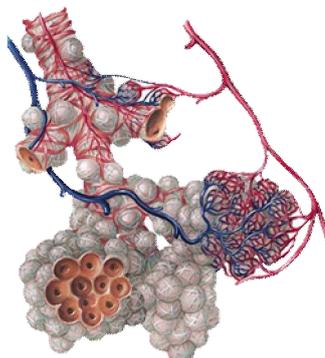
**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 5 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## WIRKUNG VON CHLOR AUF DEN MENSCHLICHEN KÖRPER

### Bei Eindringen in die Lunge

- Verätzungen der Bronchial- und Alveolarwand
- Veränderung der Durchlässigkeit der semipermeablen Membran
- Zunehmende Wasseransammlung in der Lunge, toxisches Lungenödem.



Aufbau und Funktion der unteren Atemwege

Ref.: Henning Mohring

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 6 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## AKUTE GESUNDHEITLICHE WIRKUNGEN

- Atembeschwerden
- Schmerzen in der Brust
- Atemnot
- Broncho- und Laryngospasmen
- Toxisches Lungenödem
- Herzkreislaufstillstand

**Wichtig!**

**Beschwerden können mit  
der Zeit zunehmen!**

**Nach Einatmen stets Arzt  
aufsuchen!**

Ref.: Henning Mohring

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 7 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

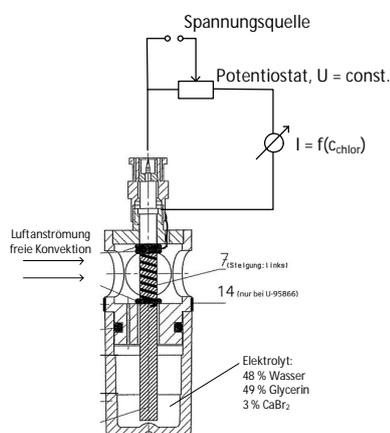
## DAS GASWARNSYSTEM

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 8 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

Seite 8

## DETEKTION VON CHLORGAS IN LUFT - GASWARNSENSOR



### Zweck:

Nur funktionsfähige Gaswarngeräte und Sensoren an der richtigen Position können erhöhte Chlorkonzentrationen in der Luft nachweisen und das Personal schützen !

### Position Sensor und Messgerät:

Sensor in Bodennähe nahe bei den Chlorbehältern, Messgerät ausserhalb des Chlorgasraums und beide Systeme jederzeit einsehbar.

### Funktionsprinzip:

Chlorhaltige Luft erhöht bei konstanter Spannung  $U = \text{const.}$  die Leitfähigkeit  $L$  und die Stromdichte  $I$



Aus **einem** leitfähigen Ladungsträger werden durch Chloreintrag **fünf** leitfähige Ladungsträger.

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 9 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## WARTUNG MESSGERÄT UND SENSOR

Tätigkeit	Zeitraum/Intervall
Elektrolytvorrat bei Chloratekt-Sensoren	vierteljährlich
Sensoren	halbjährlich
Gaswarngerät GMS plus	halbjährlich

Die Sensoren und das Gaswarngerät GMS plus müssen regelmäßig überprüft werden.

Die Wartung sollte halbjährlich durch eingewiesenes Betriebspersonal oder durch einen Wartungsvertrag mit dem Hersteller durchgeführt werden.

Bei der Wartung wird die Sensorfunktion, das Elektrolytniveau in der Messzelle sowie die elektrische Betriebssicherheit geprüft.

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 10 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## GMS PLUS – GAS MONITORING SYSTEM – SENSORWARTUNG

### Der Sensor reagiert auf verschiedene oxidierende Gase

- Chlorgas, Bromdämpfe
- Chlordioxid und Ozon

Fehlalarme sind durch korrekte Wartung zu vermeiden und ausgasende Flüssigkeiten (zB chlorhaltige Haushaltsreiniger) vom Sensor fernzuhalten.

### Wichtige Funktionsprüfungen regelmäßig durchführen

- **Füllstandskontrolle** an Elektrolyt wöchentlich
- **Test-Funktion** Die integrierte Test-Funktion simuliert einen Sensorstrom, welcher dem Messbereich-Endwert entspricht. Es können somit die Messwertanzeige und die eingestellten Alarme auf Funktion getestet werden.
- Nullpunktkalibrierung

### Beachte:

Nach einem Chloralarm Elektrolytlösung tauschen und Strumpf mit dest. Wasser freispülen, System neu kalibrieren.



**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 11 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## WARTUNG MESSGERÄT UND SENSOR

Eine Elektrolytfüllung reicht je nach Umgebungsbedingungen für einen Dauerbetrieb von

- ca. sechs Monaten für Cl<sub>2</sub> bzw. ClO<sub>2</sub>
- drei Monate für O<sub>3</sub>.

Die gesamte Elektrolytlösung muss ausgetauscht werden:

- wenn der Elektrolytvorrat die untere Niveaumarkierung des transparenten Vorratsbehälter unterschritten hat.
- unabhängig von Verbrauch und Belastung nach 6 Monaten
- nach jedem stärkeren Gasausbruch
- wenn die Elektrolyt-Lösung leicht gelblich verfärbt ist.



**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 12 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## GAS WARNGERÄT



GMS plus ®



ChloratektO

### 2 Kanal-Ausführung

Sensor in zwei Versionen verfügbar:

- 0...5 ppm Cl<sub>2</sub>; 0... 20 ppm Cl<sub>2</sub>
- Sensoren für Cl<sub>2</sub>, ClO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>
- 4...20 mA universal (2 Leiter-Fühler)
- 2 Alarmstufen für
  1. Chlorgasaustritt bei 2,5 ppm
  2. Chlorgasausbruch bei 5,0 ... 20 ppm

AGW - Werte

		cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> = ppm	entsprechend mg/m <sup>3</sup>
Chlor	Cl <sub>2</sub>	0,5	1,5
Chlordioxid	ClO <sub>2</sub>	0,1	0,28
Ozon	O <sub>3</sub>	0,1	0,20

Geruchsschwelle Chlor  
= 0,02 – 1,0 ppm

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 13 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## STUDIEN ZUR EFFIZIENZ VON WASSERSCHLEIERN

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 14 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## KIT STUDIE ZUR BERIESELUNG UND WASSERSCHLEIERN



Institut für Technische Thermodynamik  
und Kältetechnik  
Leiter: Prof. Dr.-Ing. K. Schaber

### Studie zur Auslegung einer Wassersprühanlage zur Chlorgasbeseitigung in Chlorgasräumen

Auftraggeber: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung  
(DGUV), 81539 München

Gegenstand der Studie sind Abschätzungen zur Entwicklung der Chlorgaskonzentration in Lager-  
räumen für Chlorgas bei einer Leckage von 65 kg Druckgasflaschen bzw. 500 kg Fässern nach Ein-  
schalten von Wassersprühanlagen.

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

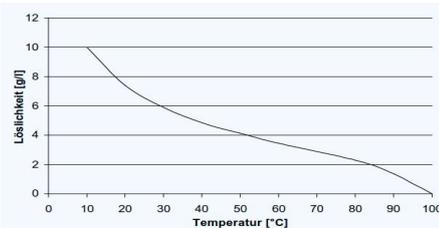
Page 15 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## ERMITTLUNG VON AUSGANGSDATEN

**Tabelle 1:** Löslichkeit von Chlor in Wasser

$p_{Cl_2}$ mm Hg	Löslichkeit $p_{Cl_2}$ in Wasser g $Cl_2/l$				
	0°C	10°C	20°C	30°C	12°C <sup>1</sup>
5	0,488	0,451	0,438	0,424	0,448
10	0,679	0,603	0,575	0,553	0,600
20	-	-	-	-	0,830
30	1,221	1,024	0,937	0,873	0,990
50	1,717	1,354	1,210	1,106	1,32
750	-	9,65	7,21	5,8	
250	5,71	3,95	3,19	2,69	3,8

Mit zunehmender  
Temperatur nimmt die  
Löslichkeit ab.  
Die Löslichkeit steigt  
proportional zum  
Chlorgasdruck in der  
Atmosphäre.

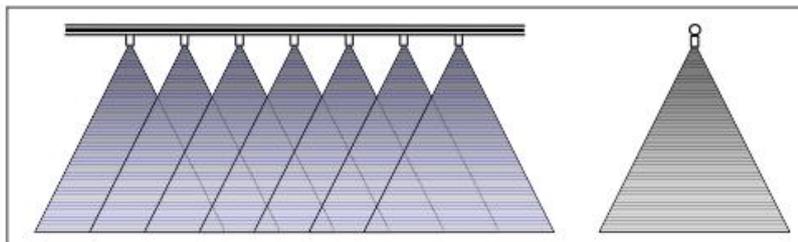


**Bild 4.1:** Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit von Chlor in Wasser (nach Hass und Schmittinger, 1975, S.323)

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 16 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## ERMITTLUNG VON AUSGANGSDATEN



**Bild 3.1:** Schematische Darstellung eines abwärtsgerichteten Wasservorhanges (Front- und Seitenansicht)

## BERIESELUNG UND ABSORPTION VON CHLORGAS

**Wasserbedarf** Berieselung mit 2 **Sprühdüsen**:  $= 2 \times 1,9 = 3,8 \text{ m}^3/\text{h}$

**Anfallende Wassermenge** bei Berieselungszeit 20 Minuten  $= 3,8 \times 20 / 60 = 1,2 \text{ m}^3$

**Theoretische** Aufnahmekapazität Chlor  $= 7 \text{ kg/m}^3 \times 1,25 \text{ m}^3 = 8,8 \text{ kg}$

Praktische Aufnahmekapazität ist viel geringer, weil

- die Chloraufnahme durch Wassertropfen limitiert ist,
- die Fallzeit der Tropfen durch die geringe Fallhöhe begrenzt ist.
- das Chlorwasser immer saurer wird (bei  $\text{pH} < 4$  Chlorgasfreisetzung),

## ERGEBNISSE DER ARBEIT VORGÄNGE IM WASSERSCHLEIER

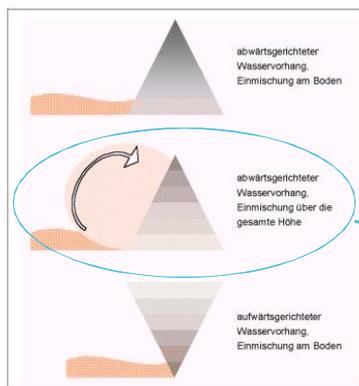


Bild 9.7: Graphische Darstellung der drei verschiedenen Formen des Einnischvorganges der Chlorwolke in den Wasservorhang

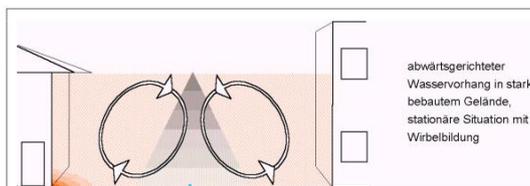


Bild 9.13: Ausbildung eines nahezu stationären Wirbelsystems am Wasservorhang bei eingedämmter Chlorwolke in stark bebautem Gelände

**Übertragen auf Chlorgasräume:**  
Bodennah angesammeltes Chlor wird durch den Wasservorhang über die gesamte Höhe im Chlorgasraum verteilt.

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 19 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## KIT VERSUCHSAUFBAU ZUR ABSORPTION VON CHLOR

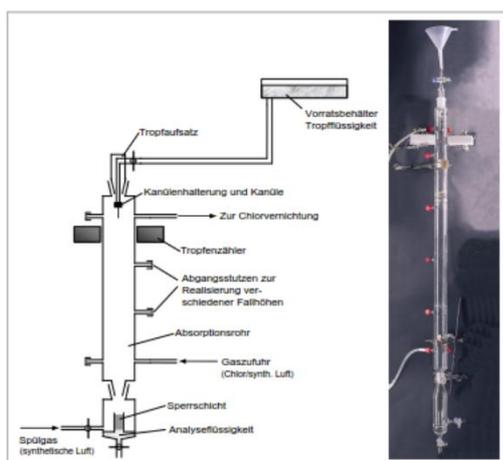


Bild 7.2: Absorptionsrohr und zugehörige Komponenten für die Tropfenexperimente zur Chlorabsorption

- Zufuhr chlorhaltiger Luft von unten in verschiedenen Konzentrationen
- Verrieselung der Absorberflüssigkeit von oben
- Entnahmestutzen zur Simulation verschiedener Fallhöhen
- Chemische Analyse der Absorberflüssigkeit und der Waschlösung nach den Versuchen

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 20 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## ABSORPTION VON CHLOR IN WASSER – 2 – THEORETISCHE BETRACHTUNGEN

Für die Stoffübertragung gilt der Stoffhaltungssatz, der sich in allgemeiner Form angeben lässt als (Mersmann, 1986):

$$\frac{\partial c_{Cl}}{\partial t} - D_{Cl} \cdot \Delta c_{Cl} + v^* \cdot \nabla c_{Cl} - \dot{r}_{Cl} = 0 \quad \text{mit: } t \text{ - Zeit, } D \text{ - Diffusionskoeffizient, } v^* \cdot \nabla c \text{ - Konvektionsstrom, } \dot{r} \text{ - Reaktionsrate.} \quad (5.9)$$

Wesentliche Parameter sind dabei die Diffusionskoeffizienten des zu übertragenden Chlors ( $D_{Cl}$ ) in den beiden Phasen. Zur mathematischen Berücksichtigung des Transportwiderstandes der jeweiligen Phase wird der Stoffübergangskoeffizient  $k$  definiert. Dazu bedient man sich des Fick'schen Ansatzes. Dieser lautet für die Stoffstromdichte (Brauer, 1977):

$$\dot{n}_{Cl} = -D_{Cl} \cdot \left( \frac{\partial c_{Cl}}{\partial y} \right) \quad \text{mit: } \dot{n} \text{ - Stoffstromdichte, } y \text{ - Abstand von der Phasengrenze.} \quad (5.10)$$

Setzt man für den Konzentrationsgradienten die Konzentrations- und Distanzdifferenzen ein, ergibt sich:

$$\dot{n}_{Cl} = \frac{D_{Cl}}{\Delta y} \cdot \Delta c_{Cl} = k \cdot \Delta c_{Cl}, \quad (5.11)$$

wobei  $k$  für beide Phasen zu definieren ist. Die Stoffstromdichte ist aus Gründen der Stoffhaltung zu beiden Seiten der Phasengrenze identisch:

$$\dot{n}_{Cl} = \dot{n}_{Cl,L} = \dot{n}_{Cl,D}. \quad (5.12)$$

Unter Berücksichtigung der Konzentrationsdifferenzen in den Phasen gilt deshalb (Brinkmann, Warnecke und Prüss, 1996):

$$\dot{n}_{Cl} = k_L \cdot (c_{Cl,L}^i - c_{Cl,L}^b) = k_D \cdot (c_{Cl,D}^b - c_{Cl,D}^i) \quad \text{mit: } b \text{ - Kernphase (großer Abstand von der Phasengrenze), } i \text{ - Phasengrenze.} \quad (5.13)$$

Im theoretischen Modell werden die physikalischen, chemischen und technischen Erkenntnisse in Gesetzmäßigkeiten zusammengefasst,

Theoretisches Modell dient der Verifizierung und dem Verständnis praktischer Vorgänge.

Theorien sind durch praktische Versuche, das Experiment zu überprüfen.

Das Experiment dient der Verifizierung von theoretischen Annahmen.

Die Theorie allein kann die praktisch ablaufenden Vorgänge nicht exakt wiedergeben.

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 22 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## MASSENBETRACHTUNG CHLORGASAUSTRICH

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 23 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## MENGENBETRACHTUNG FÜR DIE FREISETZUNG VON CHLORGAS BEI AUSBRUCH

### Freisetzungsszenarien für D und A:

Innerhalb der ersten **60 Minuten 5 - 10 % des Behälterinhaltes** einer Chlorflasche,  
d.h. **3250 – 6500 g/h** aus einer Chlorflasche = **0,45 - 0,9 g/s**.

Nach BGETEM für Alarmplan

Zeit von Ansprechen Alarm bis Eintreffen der Feuerwehr ca. 20 Minuten.

Insgesamt freigesetzte Chlormenge bei großer Leckage innerhalb 20 Minuten:

$$M_{20} = (3,25 - 6,5) \times 20 / 60 = 1,0 - 2,0 \text{ kg Chlorgas}$$

## MENGENBETRACHTUNG FÜR DIE FREISETZUNG VON CHLORGAS BEI AUSBRUCH

### Freisetzungsszenarien D und A:

Ansprechen der **2. Alarmschwelle** spätestens bei 20 ppm Chlor = **60 mg/m<sup>3</sup>**

**Volumen Chlorgasraum:** B x H x T = 3 x 2,8 x 4 = **34 m<sup>3</sup>**

Spätestes Ansprechen **1. Schwelle bei 5 ppmv** = 34 m<sup>3</sup> x 15 mg/m<sup>3</sup> Chlor = **0,5 g**.

Spätestes Ansprechen **2. Schwelle bei 20 ppmv** = 34 m<sup>3</sup> x 60 mg/m<sup>3</sup> Chlor = **2,04 g**

Nach welcher Zeit ist bei Leckage spätestens die 2. Alarmschwelle erreicht:

$$t_{2. \text{schwelle}} = 2,04 \text{ g} / 0,45 \text{ g/s} = 4 \text{ sec.}$$

Durch die gering eingestellten Alarmschwellen ist das Personal geschützt und die insgesamt frei gesetzte Chlormenge lässt sich bei schnellem Eingreifen minimieren.

## PH – WERT ABSENKUNG IM SPRÜHWASSER

Wassermenge über 2 Sprühdüsen =  $2 \times 1900 \text{ l/h} = 1,05 \text{ l/s}$

Gesamtvolumen Berieselungswasser =  $2 \times 1900 \text{ l/h} \times 20 / 60 = 1250 \text{ l}$  in 20 Min.

Säurekapazität =  $4,0 \text{ mmol/l} \times 1250 \text{ l} = 5000 \text{ mmol}$  Säurekapazität in 1250 l

Ausreichend um 5000 mol HCl zu neutralisieren = 330 g HCl

Ausreichend für insgesamt 639 g Chlorgas.

Chlorfreisetzungsrate  $M_{\text{chlor}} = 0,9 \text{ g/s} = 900 \text{ mg/s} = 12,67 \text{ mmol/s}$

Bereitstellung Säurekapazität  $M_{\text{KS43}} = 1,05 \text{ l/s} \times 4,0 \text{ mmol/l} = 4,2 \text{ mmol/s}$

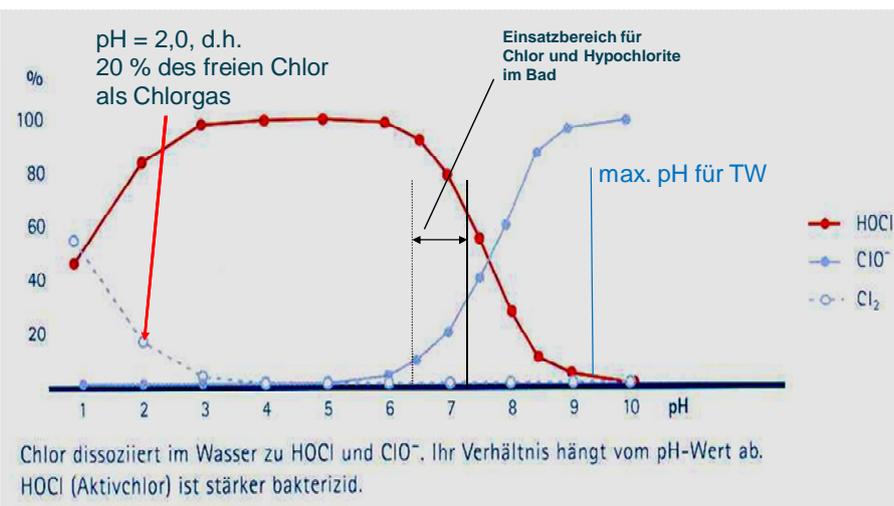
**Innerhalb 1 Sekunde:  $D = M_{\text{chlor}} - M_{\text{KS43}} = 8,5 \text{ mmol/l}$  Säureüberschuß  
=> pH 2,0 im Berieselungswasser**

**Während der Berieselung wird mehr Säurekapazität verbraucht, als nachgeliefert wird. Das Berieselungswasser versauert und die Aufnahmekapazität für Chlor verringert sich.**

**Wallace & Tiernan®**  
an EVOQUA brand

Page 26 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## PH-ABHÄNGIGKEIT DES DESINFEKTIONSMITTELS CHLOR



**Wallace & Tiernan®**  
an EVOQUA brand

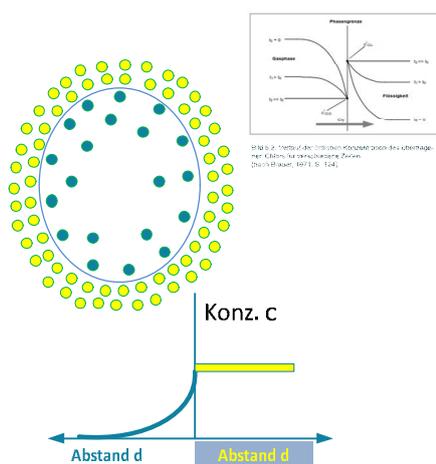
Page 27 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## PRAKTISCHE FOLGERUNGEN AUS DER ARBEIT ZU WASSERSCHLEIERN FÜR BERIESELUNGSANLAGEN

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 28 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## ABSORPTION VON CHLOR IN WASSER – 1 –



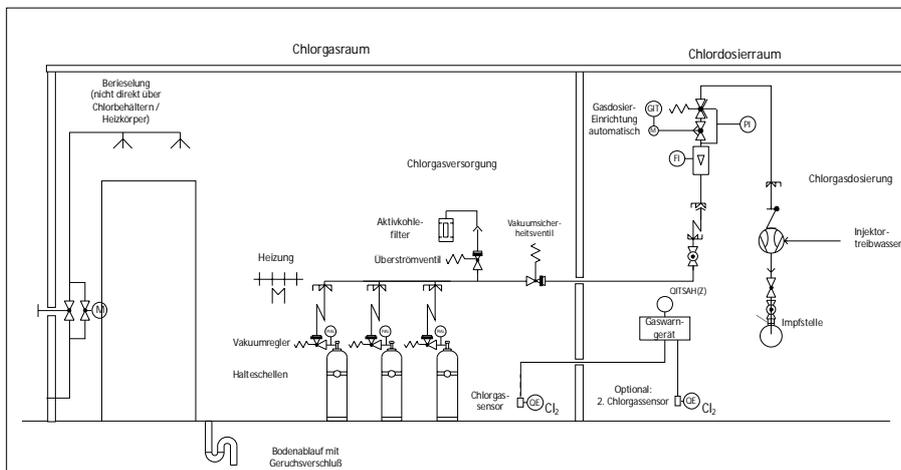
Bildnachweis: Csontos

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

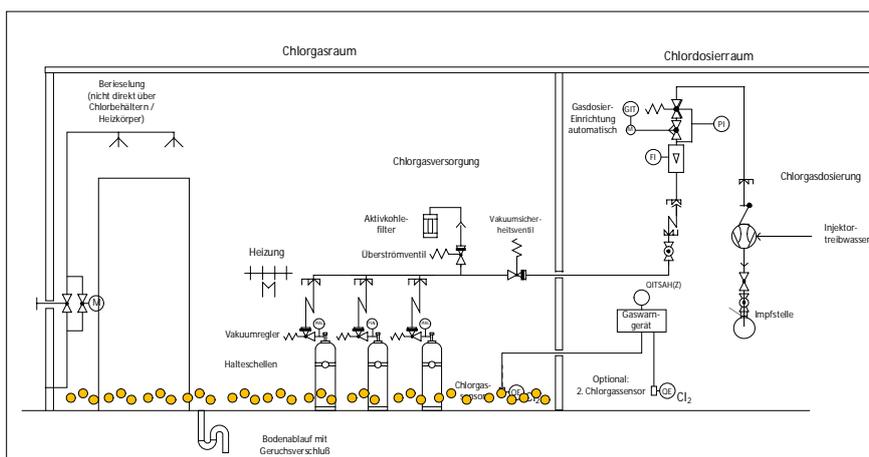
- Die Löslichkeit von Chlor in Wasser ist relativ schlecht (7 g/l bei 20° C).
- Die Absorption von Chlor in Wasser erfolgt sehr langsam.
- Bereits absorbiertes Chlor an der Tropfenoberfläche behindert die weitere Chloraufnahme.
- Die zur Absorption zur Verfügung stehende Zeit ist abhängig von der Fallzeit der Tropfen.
- Je kleiner die Tropfen, umso länger ist die Fallzeit.
- Je kleiner die Tropfen, umso größer ist die Oberfläche zur Aufnahme von Chlor.
- **Geringere Tropfengröße verbessert die Absorption.**

Page 29 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## CHLORGASDOSIERANLAGE NACH DIN 19606 MIT BERIESELUNG NACH BGI CHLORUNG (ENTWURF)



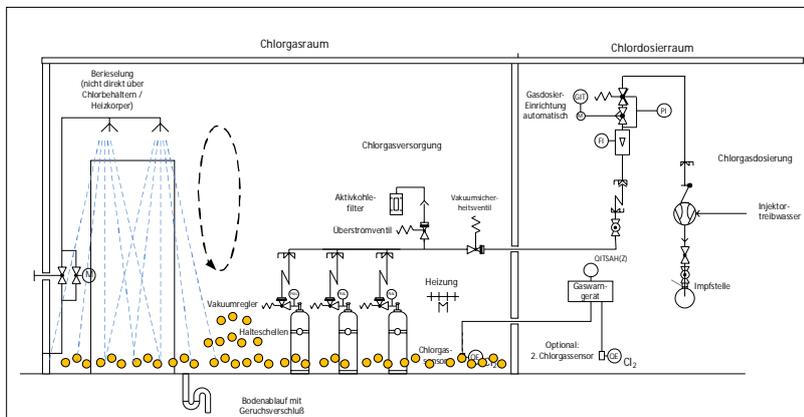
## CHLORGAS IN CHLORGASRAUM NACH AUSTRITT



Ausbreitung von Chlorgas zunächst in Bodennähe.

Bildnachweis: Csontos

### CHLORGAS IN CHLORGASRAUM BEI START BERIESELUNG

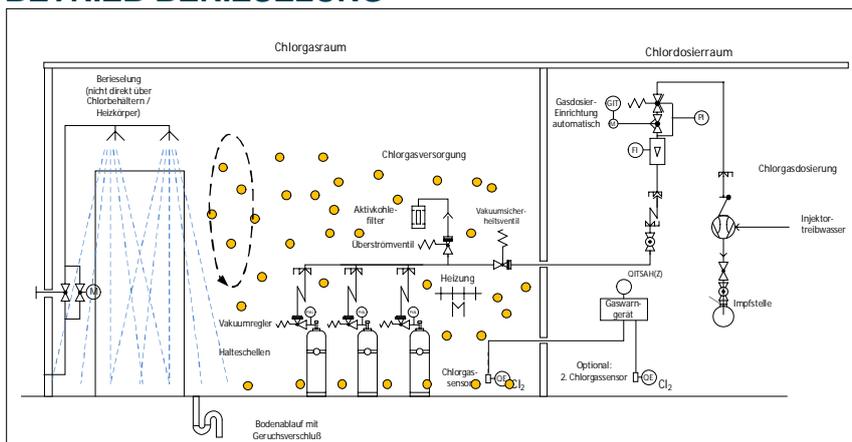


Mit Aktivierung Berieselung Beginn der Vermischung von Chlor mit oberen Luftschichten.

**Wallace & Tiernan**  
an EVOQUA brand

Bildnachweis: Csontos

### CHLORGAS IN CHLORGASRAUM BEI LÄNGEREM BETRIEB BERIESELUNG

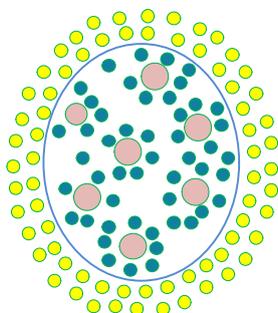


Mit zunehmender Berieselung Verteilung des Chlors im gesamten Chlorgasraum.

**Wallace & Tiernan**  
an EVOQUA brand

Bildnachweis: Csontos

## ABSORPTION VON CHLOR IN ENTCHLORUNGSLÖSUNG – 2 –



● Chlormolekül in Luft  
(unbegrenzt mischbar)

● Chlormolekül in Wasser  
(begrenzt lösbar)

● Thiosulfation in Wasser  
(sehr gut lösbar)

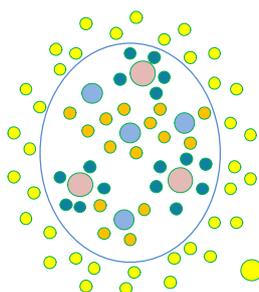
Bildnachweis: Csontos

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

- Natriumthiosulfat ist ein effektives Entchlorungsmittel 0,88 g pro 1,0 g Chlor
- Die Löslichkeit von Na-Thiosulfat in Wasser ist sehr gut (ca. 600 g/l bei 20° C)
- Die Absorption von Chlor in Thiosulfat ist besser als bei Wasser
- An der Tropfenoberfläche absorbiertes Chlor reagiert mit Thiosulfat und erleichtert die weitere Chloraufnahme
- Die Absorptionskapazität wird durch Thiosulfat erhöht.

Page 34 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## ABSORPTION VON CHLOR IN ENTCHLORUNGSLÖSUNG – 3 –



● Chlormolekül in Luft  
(unbegrenzt mischbar)

● Chlormolekül in Wasser  
(begrenzt lösbar)

● Thiosulfation in Wasser  
(sehr gut lösbar)

● Chloridion in Wasser  
(sehr gut lösbar)

● Sulfation in Wasser  
(sehr gut lösbar)

Bildnachweis: Csontos

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

- Die Löslichkeit von Thiosulfat in Wasser ist sehr gut (>600 g/l bei 20° C)
- Das Entchlorungsmittel wandelt gelöstes Chlor in Chlorid um.
- Die weitere Chloraufnahme im Tropfen wird verbessert.
- Die zur Absorption benötigte Zeit wird verkürzt.
- **Bessere Absorption nur mit Hilfsstoffen - mit Entchlorungsmittel kann die Absorption schneller erfolgen und die Aufnahmekapazität wird erhöht.**

Page 35 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## VERBESSERUNG DER ABSORPTIONSWIRKUNG

durch Zusatz von reaktiven Stoffen, die mit dem Chlor reagieren:

### A) NATRONLAUGE



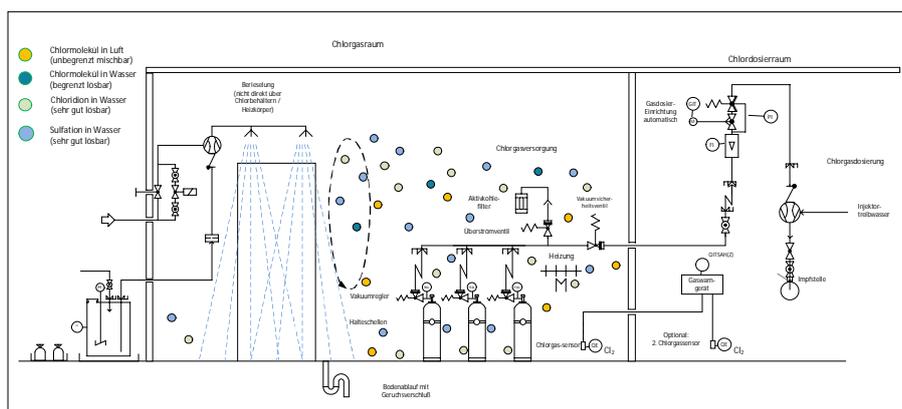
Neutralisation der Säure und Abbinden des Chlor als Hypochlorit

### B) NATRIUMTHIOSULFAT (oder NATRIUMBISULFIT $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ )



Umwandlung von Hypochlorit zu Chlorid und Sulfat (nachfolgende pH-Wert Absenkung durch Entstehung von Schwefelsäure)

## BERIESELUNG MIT ANSAUGUNG VON THIOSULFAT



Durch Thiosulfat kaum noch Aktivchlor in Raumluft

Bildnachweis: Csontos

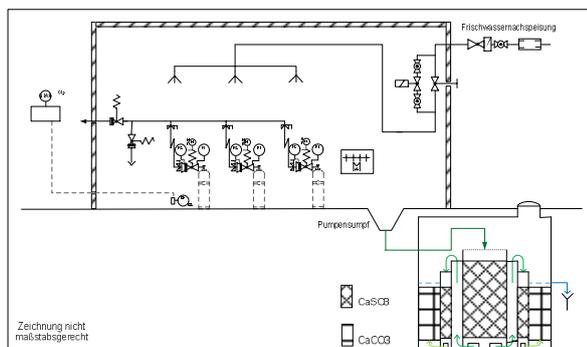
## AUSSAGEN DER FORSCHUNGSARBEIT

- Chlorgas wird durch den Venturi-Effekt (Wasserstrahlpumpe) zur Wasserwand gezogen.
- Löslichkeit von Chlor in Wasser ist sehr gering (max. 7 g/l bei 20° C)
- Chlor wird nur langsam vom Wassertropfen aufgenommen.  
(Diffusion von Oberfläche in das Innere von Wassertropfen ist limitiert.)
- Bevor die Aufnahmekapazität erreicht ist, sind die Wassertropfen am Boden angekommen.
- Der Wasserschleier erzeugt Luftturbulenzen.
- Bevor Chlorgas im Wasser gelöst werden kann, verteilt es sich bei größeren Mengen durch die Turbulenzen gleichmäßig im Raum.
- Entchlormittel erhöhen die Absorptionsfähigkeit der Lösung für das Gas.

## ALTERNATIVE ENTCHLORUNGSMETHODEN

## CHLORTRANSORBERÒ (FA. ETC BURGAU)

Neutralisation des Berieselungswassers im Neutralisations- und Entchlörungsfilter



1.Schritt: Entchlörung mit Calciumsulfid  $\text{CaSO}_3$



2.Schritt: Neutralisation mit Marmorkies  $\text{CaCO}_3$



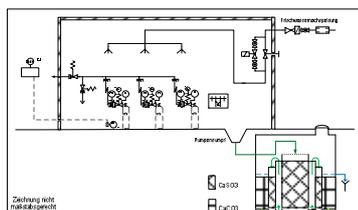
Bildnachweis: Csonotos

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 40 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## CHLORTRANSORBERÒ (FA. ETC BURGAU)

Neutralisation des Berieselungswassers im Neutralisations- und Entchlörungsfilter



Bildnachweis: Csonotos

### Vorteile:

- + Kein Auffangbehälter erforderlich
- + Absorptionskapazität durch Sichtprüfung möglich
- + Preiswerte Betriebsstoffe
- + Nahezu wartungsfrei
- + Ablauf enthält nur Neutralsalze

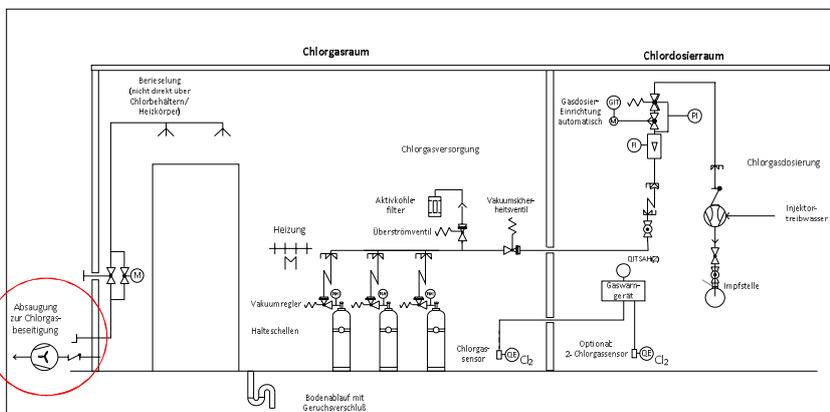
### Mögliche Einschränkung:

- Verblockung durch Ausfällung von Gips
- Aufsatzung von Kanälen bzw. Gewässern
- Nur das gelöste Chlor kann entchlort werden.

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 41 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

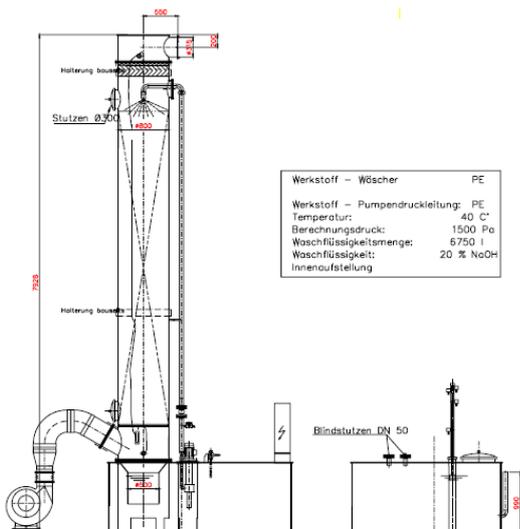
## CHLORGASDOSIERANLAGE NACH DIN 19643 MIT BERIESELUNG TÜRBereich UND ABSAUGUNG ZUR CHLORGASBESEITIGUNG



Durch Absaugung chlorbeladener Luft kann die Auslösung der Berieselungsanlage verhindert werden.

**Wallace & Tiernan**  
an EVOQUA brand

## CHLORGASBESEITIGUNGSEINRICHTUNGEN - CHLORNOTGASWÄSCHER



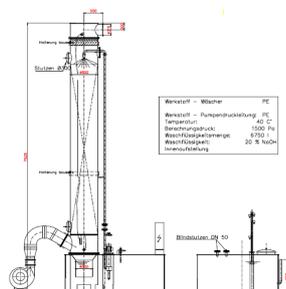
### Funktion:

- § Absaugen von Chlordämpfen mittels Ventilator aus dem Chlorgasraum
- § Neutralisation der Dämpfe in Gaswäscher im Gegenstrom
- § Online-Kontrolle der Waschlösung durch pH- und Redoxmessung

**Wallace & Tiernan**  
an EVOQUA brand

Ref.: Fa. VSS Umwelttechnik

## CHLORGASBESEITIGUNGSEINRICHTUNGEN - CHLORNOTGASWÄSCHER



Ref.: Fa. VSS Umwelttechnik

### Vorteile:

- § Sehr effektiv
- § Kompletter Chlorbehälter bzw. Fass kann neutralisiert werden
- § Chlorgasraum bleibt frei von Salzsäure und Korrosion
- § Konfektionierung der Waschlösung möglich
- § Restkapazität der Waschlösung durch Titration jederzeit bestimmbar
- § Kein Auffangbehälter erforderlich
- § Technologie ist patentfrei verfügbar

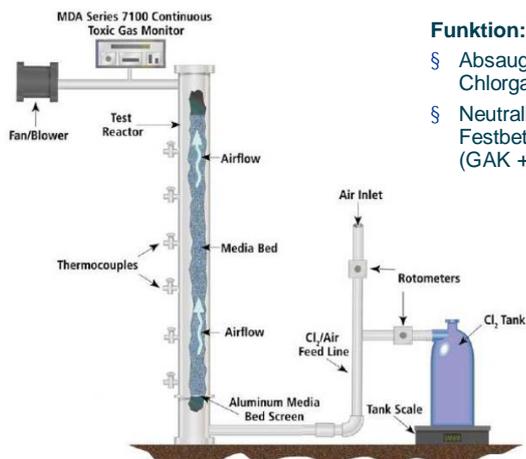
### Einschränkungen:

- § Preis ?
- § Regelmäßiger Funktionstest
- § Bauhöhe (nur bei einstufigen Anlagen)
- § Regelmäßiger Service, Wartung, Schulung erforderlich
- § Für sichere Funktion ist Anbindung an unabhängige Stromversorgung erforderlich.

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 44 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## CHLORGASBESEITIGUNGSEINRICHTUNGEN - FESTBETTADSORBER



Ref.: Purafil / Dolge Systemtechnik

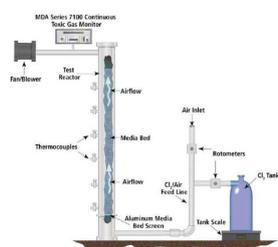
**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

### Funktion:

- § Absaugen von Chlordämpfen aus dem Chlorgasraum mittels Ventilator im Saugbetrieb
- § Neutralisation der Dämpfe an imprägniertem Festbettabsorber (GAK + Thiosulfat oder Bisulfid)

Page 45 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## CHLORGASBESEITIGUNGSEINRICHTUNGEN - FESTBETTADSORBER



Ref.: Purafil / Dolge Systemtechnik

### Vorteile:

- + Sehr effektiv
- + Kompletter Chlorbehälter kann neutralisiert werden
- + Chloranlagenraum bleibt frei von Salzsäure und Korrosion
- + Kein Auffangbehälter erforderlich
- + System arbeitet ohne Wasserzusatz

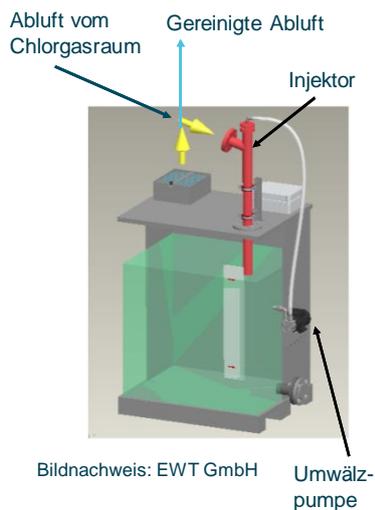
### Einschränkungen:

- Sicherstellung der gleichmäßigen Durchströmung der Füllung
- Mögliche Unvollständige Ausnutzung bei Kanalbildung
- Hoher Preis für Absorberfüllung
- Bauhöhe
- Regelmäßige Funktionsprüfung, Service und Wartung erforderlich
- Technologie ist patentiert
- Absorberkapazität durch Titration nicht bestimmbar. Bei ungleichmäßiger Durchströmung wird repräsentative Probenahme schwierig.
- Abhängig von permanenter Stromversorgung

**Wallace & Tiernan**  
an EVOQUA brand

Page 46 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## CHLORGASBESEITIGUNGSEINRICHTUNGEN – CHLORNOTGASWÄSCHER KONZEPT EVOQUA WT GMBH



Bildnachweis: EWT GmbH

### Funktion:

- § Absaugen von Chlordämpfen mittels Venturidüse
- § Neutralisation der Dämpfe in Absorberlösung
- § Absorption erfolgt mit  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -Lösung
- § Natronlauge wird nach Beendigung des Chlorgasausbruchs zudosiert.

**Wallace & Tiernan**  
an EVOQUA brand

Page 47 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## CHLORGASBESEITIGUNGSEINRICHTUNGEN – CHLORNOTGASWÄSCHER KONZEPT EVOQUA WT GMBH

Abluft vom  
Chlorgasraum

Gereinigte Abluft

Injektor

Umwälz-  
pumpe



Bildnachweis: Csontos

### Vorteile:

- § Sehr effektive Entchloration und Neutralisation
- § Entchlorkapazität für kompletten Chlorbehälter  $m = 65 \text{ kg}$
- § Chlorgasraum bleibt frei von Salzsäure, damit keine Korrosion der Chloranlagen
- § Restkapazität der Waschflüssigkeit durch Titration jederzeit bestimmbar.
- § Kein Auffangbehälter erforderlich.
- § Preiswertes System für optimale Arbeitssicherheit und Gewässerschutz

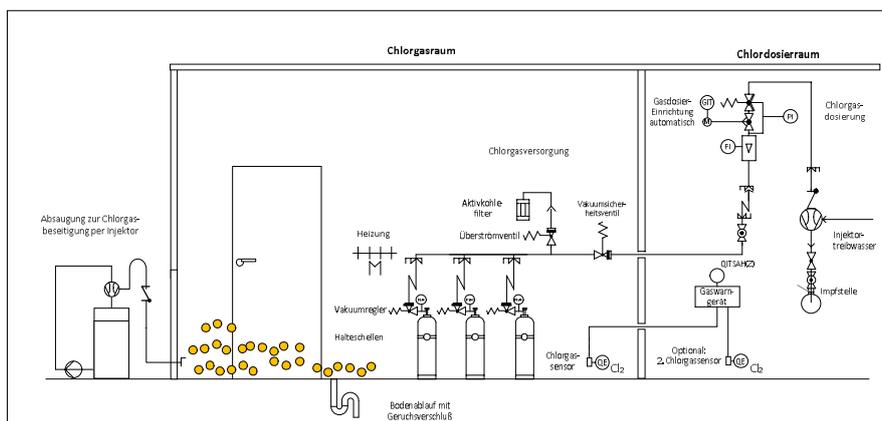
### Nachteile:

- § Regelmäßige Funktionstests erforderlich
- § Regelmäßiger Service und Wartung erforderlich ?
- § Bisher nur als Prototyp getestet
- § Permanente Stromversorgung erforderlich

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 48 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## CHLORGASBESEITIGUNGSEINRICHTUNGEN – CHLORNOTGASWÄSCHER KONZEPT EVOQUA WT GMBH



Chlorgas wird bei Aktivierung eines Absauginjektors aus dem Chlorgasraum abgezogen und im externen Tank in Thiosulfatlösung entchlort.

**Wallace & Tiernan**<sup>®</sup>  
an EVOQUA brand

Page 49 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

## ZUSAMMENFASSUNG

Vergleich der Entchlörungssysteme						
Typ	Berieselung mit Wasser	Berieselung mit Thiosulfat	Berieselung mit Wasser und nachgeschalteter Entchlörung im Ablauf	Trockenabsorber, System PurafilÖ	Chlorgaswäscher mit Turm	Chlorgasabsaugung mit Injektor
Entchlörungsmittel	H <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaSO <sub>3</sub> und CaCO <sub>3</sub>	GAK; NaHSO <sub>3</sub>	NaOH, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NaOH, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Kapazität in kg	<= 5	<= 10	1000	1000	1000	1000
Feuchtigkeit im Chlorgasraum	ja	ja	ja	nein	nein	nein
Korrosion der Gerätetechnik	ja	ja	ja	nein	nein	nein
Absorption	+	+	+	-	-	-
Entchlörung	-	+	+	+	+	+
Neutralisation	-	-	+	-	+	+
Absicherung über Notstrom	nein	nein	nein	ja	ja	ja

## SCHLUSSBEMERKUNGEN

- Chlorgasverfahren ist eine effektive, zuverlässige und sicher beherrschbare Technik.
- Mit PSA und Sicherheitstechnik im Chlorgasraum (Gaswarngerät) gemäß BGR R 107\_001 bzw. BGI Chlorung ist effektiver Schutz gewährleistet.
- Mit Wasserberieselung kann das Chlor nicht abgetrennt, aber für eine gewisse Zeit zurückgehalten werden.
- Mit alternativen Verfahren kann Chlor effektiv vernichtet und die Waschlösung neutralisiert werden.
- Die Auswahl der Gerätetechnik für Personenschutz und Anlagensicherheit orientiert sich an den Ergebnissen der Gefährdungsbeurteilung zur Minimierung des Gefahrenpotentials für Mitarbeiter und die Öffentlichkeit.

**VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT**

**Evoqua Water Technologies GmbH**  
Auf der Weide 10  
89312 Günzburg

**Dipl.-Ing. Georg Csontos**  
Tel.: +49 (0) 8221 904-216  
Fax: +49 (0) 8221 904-203  
E-Mail: [Georg.Csontos@evoqua.com](mailto:Georg.Csontos@evoqua.com)  
Homepage: [www.evoqua.de](http://www.evoqua.de)



Ref.:  
<http://discountpoolsupply.com/blog/properly-shock-pool/>

**Wallace & Tiernan®**  
an EVOQUA brand

Page 52 © 2016 Evoqua Water Technologies GmbH [www.evoqua.com](http://www.evoqua.com)

**Wallace & Tiernan®**  
an EVOQUA brand

**VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT**

© 2016 Evoqua Water Technologies GmbH

