



Sicherheitshinweise zur Vermeidung von Chlorgasfreisetzung

SBF Wasser und Umwelt,
NL der GHC Gerling, Holz & Co., Hamburg



DR. HÜLSHORST
Schwimmbadsicherheit

Vorwort

In der Desinfektion von Trinkwasser und Schwimmbeckenwasser leistet Chlorgas vorzügliche Dienste. Chlorgas ist ein wichtiger Baustein zum Schutz vor Infektionskrankheiten, die durch Mikroorganismen übertragen werden. Im Verlauf von über 100 Jahren Einsatz von Chlorgasdosieranlagen in der Wasseraufbereitung ist die Chlorgasanwendung ständig verbessert worden und hat mit der aktuellen Norm DIN 19606 ein sehr hohes Sicherheitsniveau erreicht.

Sollte es dennoch zu einer Freisetzung von Chlorgas kommen, sind die Ursachen des Chlorgasfreisetzung im Betrieb der Chlorgasdosieranlage zu suchen. Die nachfolgende Auflistung möglicher Ursachen beruht auf Jahrzehnte langer Erfahrung der Autoren im Umgang mit Chlor im Schwimmbad- und Trinkwasserbereich, sie erhebt jedoch keinesfalls Anspruch auf Vollständigkeit.

1 Ursachen von Chlorgasfreisetzung

- 1.1 Undichte Schraubverbindungen und nicht festsitzende Verschlussmuttern**
- 1.2 Die Verwendung nicht geeigneter, alter, feuchter oder verunreinigter Dichtungen**
- 1.3 Defekte, rissige Treibwasserleitungen**
- 1.4 Defekte Anlagenteile**

2 Die Bildung von Chlorreaktionsprodukten

- 2.1 Nicht vollständig geöffnete Chlorventile**
- 2.2 Schwankende Temperaturen im Chlorgasraum**
- 2.3 Eindringen von Luftfeuchtigkeit in den Entnahmebereich**
- 2.4 Die Verwendung von Fett oder Silikonfett als Trennmittel für Dichtungen**

3 Schäden durch Bildung von Chlorreaktionsprodukten

- 3.1 Reaktionsprodukte des Chlors mit Stahl, Messing, Schmierstoffen und sonstigen Werkstoffen**
- 3.2 Chloraerosole führen zu Zerstörungen**

4 Leckrate des Ventils und festsitzende Handräder

5 Der Umgang mit Anbrüchen

6 Unsachgemäß hohe Chlorentnahme

7 Funktionstest der Berieselungsanlage im Chlorraum

8 Mangelhafte Wartung der Chloranlage

Sicherheitshinweise zur Vermeidung von Chlorgasfreisetzung-GHC-Hamburg-UK-FH-Version 4.0 vom 25.08.2021.

Sämtliche Angaben beruhen auf Erfahrungen und stellen keine Zusicherung von Eigenschaften dar.

Das vorgelegte Werk erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Autoren erlaubt.

1 Ursachen von Chlorgasfreisetzung

1.1 Undichte Schraubverbindungen und nicht festsitzende Verschlussmutter

An undichten Schraubverbindungen – beispielsweise bei Überwurfmutter, Chlorentnahmeventilen, Flaschenanschlussgewinden, bei Drucksicherheitsventilen oder bei Ventilschlussmutter – besteht die Gefahr, dass Chlorgas schleichend austritt. Das gilt auch und insbesondere für (rest-)entleerte Chlorflaschen. Die Verschlussmutter muss bei vollen und bei entleerten Chlorflaschen fest und sicher angezogen werden.

Zudem kann Feuchtigkeit aus der Luft durch die Undichtigkeit in den Dosierbereich eintreten (beispielsweise durch den Vakuumregler angesaugt werden) und zu großen Schäden führen (siehe dazu Punkt 3). Zeigen sich Undichtigkeiten, dann ist die entsprechende Verbindung nochmals anzuziehen und ggf. mit einer neuen Dichtung auszustatten.

Bitte prüfen Sie Schraubverbindungen mit ganz besonderer Sorgfalt.



Bild 1 undichte Schraubverbindung



Bild 2 Korrosion durch nicht ordnungsgemäß festgeschraubte Verschlussmutter

Sicherheitshinweise zur Vermeidung von Chlorgasfreisetzung-GHC-Hamburg-UK-FH-Version 4.0 vom 25.08.2021.

Sämtliche Angaben beruhen auf Erfahrungen und stellen keine Zusicherung von Eigenschaften dar.

Das vorgelegte Werk erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Autoren erlaubt.

1.2 Die Verwendung nicht geeigneter, alter, feuchter oder verunreinigter Dichtungen

Es sollten sowohl bei Flaschen- als auch bei Fassbetrieb ausschließlich Chlor beständige Klingersil®-Dichtungen zum Einsatz kommen. Nur diese können aufgrund des Materials mit einem angemessenen Pressdruck angezogen werden. Klingersil®-Dichtungen müssen trocken, staub- und schmutzfrei gelagert werden.

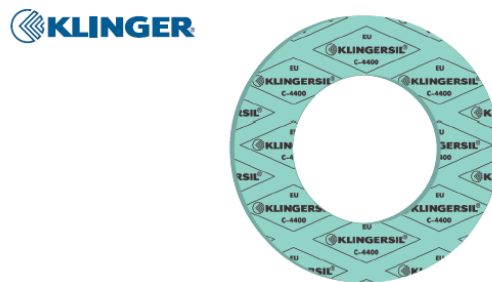
PTFE (Teflon) Dichtungen sind zwar Chlor beständig, haben jedoch ungeeignete physikalische Eigenschaften. Sie haben einen zu geringen Pressdruck, können anfangen, zu „fließen“ und lassen sich bei Fassventilen nur schlecht „kammern“.

Bleidichtungen wurden – insbesondere bei Fassbetrieb – bis in die neunziger Jahre hinein verwendet. Diese Dichtungen waren wiederverwendbar, was von einigen „sparsamen“ Anwendern auch weidlich ausgenutzt wurde. Uns sind Bleidichtungen bekannt, die nach Jahren der Nutzung so dünn wie Pergamentpapier waren. Eine derart abgenutzte Bleidichtung führte in der Vergangenheit zu einem großen Feuerwehreinsatz in einem Wasserwerk.

Heutzutage sind Bleidichtungen aufgrund verschiedener Verordnungen und Erlasse zur Verwendung von Blei nicht mehr statthaft.

Bei jedem Behälterwechsel ist eine neue Dichtung zu verwenden.

Sollte aufgrund eines „schief sitzenden“ Ventils die Überwurfmutter gelöst werden, ist ebenfalls die Dichtung durch eine neue Dichtung zu ersetzen.



KLINGERSIL® C-4400

Bild 3 Klengersil®-Dichtung (Fass)



Bild 4 Zerschlossene Bleidichtung (Fass)

Sicherheitshinweise zur Vermeidung von Chlorgasfreisetzung-GHC-Hamburg-UK-FH-Version 4.0 vom 25.08.2021.

Sämtliche Angaben beruhen auf Erfahrungen und stellen keine Zusicherung von Eigenschaften dar.

Das vorgelegte Werk erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Autoren erlaubt.

1.3 Defekte, rissige Treibwasserleitung

Gleich hinter dem Chlorgasinjektor bis zur Impfstelle in den Hauptwasserkreislauf ist das Wasser am stärksten mit Chlor gesättigt. Tritt durch ein Leck aus der Treibwasserleitung mit Chlor angereichertes Wasser aus, wird das oft sehr spät bemerkt. Meistens befindet sich kein Chlordetektor im Technikraum (im Keller!)

Tipp: unbedingt an geeigneter Stelle einen oder ggf. mehrere Chlordetektoren im Technikraum einbauen. Auch wenn es keine DIN-Norm o.ä. vorschreibt, kann als Risikominderungsmaßnahme eine Chlorgasüberwachung des Technikellers sinnvoll und erforderlich sein, insbesondere bei langen Treibwasserstrecken. Es wird empfohlen, dickwandige Rohrleitungen zu verwenden und diese spätestens nach 10 Jahren zu erneuern.



Bild 5 poröse Chlorleitung

1.4 Defekte Anlagenteile

Anlagenteile wie beispielsweise das Vakuumregelventil, das Drucksicherheitsventil, das Sicherheitsabblaseventil oder das Sicherheitssperrventil können durch Reaktionsprodukte des Chlors (Chloraerosole, Salzsäure) angegriffen und zerstört werden.



Bild 6 angegriffenes Vakuumregelventil

Sicherheitshinweise zur Vermeidung von Chlorgasfreisetzung-GHC-Hamburg-UK-FH-Version 4.0 vom 25.08.2021.

Sämtliche Angaben beruhen auf Erfahrungen und stellen keine Zusicherung von Eigenschaften dar.

Das vorgelegte Werk erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Autoren erlaubt.

2 Die Bildung von Chlorreaktionsprodukten

2.1 Nicht vollständig geöffnete Chlorventile

Wird das Chlorventil zur Entnahme von Chlor nur einen Spalt geöffnet, wird sich das Chlorgas direkt hinter dem Spalt entspannen. Der Umgebung wird schlagartig Energie entzogen, es kühlt ab. Das Ventil arbeitet dadurch wie ein Expansionsventil in einer Kältemaschine mit fatalen Folgen für die Chlorentnahme. Es kommt zur Rückverflüssigung des gasförmigen Chlors unter Bildung von Chloraerosolen.

Das Ventil muss zur Chlorentnahme immer vollständig aufgedreht und eine ¼ bis ½ Umdrehung zurückgedreht werden (das leichte Zurückdrehen verhindert ein Blockieren des Ventils in der Endlage).

2.2 Schwankende Temperaturen im Chlorgasraum

Bei einem negativen Temperaturgefälle – Beispielsweise, wenn die Chlorgasbehälter wärmer als die Chlorgaseinrichtungen sind – kann es zur Rückkondensation gasförmigen Chlors kommen. Es bildet sich ein hochreaktiver Chlornebel (tröpfchenförmiges Chlor im Chlorgasstrom). Dieses Chloraerosol greift Werkstoffe, die gegenüber gasförmigem Chlor beständig sind, an und führt zu Chlorreaktionsprodukten (Chlorbutter) in der Entnahmeeinheit. Besonders betroffen sind Vakuumregler, Manometer, das Drucksicherheitsventil, das Sicherheitssperrventil und das Sicherheitsabblaseventil.

Im Chlorraum ist daher dauerhaft für eine konstante Temperatur von mindestens 20 °C zu sorgen. Die Heizung sollte möglichst in Höhe des Vakuumregelventils montiert sein. Eine Heizung unterhalb der Regler im Bodenbereich kann zu erheblichen Problemen führen.

Eine frisch gelieferte Chlorflasche muss sich (gerade im Sommer bei hohen Außentemperaturen) erst der Umgebungstemperatur im Chlorraum vollständig anpassen, bevor sie an die Chloranlage angeschlossen werden darf. Die Temperatur des Regelventils muss immer höher sein als die Temperatur der Chlorflasche. Vorsicht: Kleine Massen (Regeleinheit) kühlen schneller aus als große Massen (Chlorflasche). Dies ist beim „Lüften“ des Chlorraums unbedingt zu berücksichtigen.

2.3 Eindringen von Luftfeuchtigkeit in den Entnahmebereich

Eindringende Feuchtigkeit aus der Luft reagiert umgehend mit Chlor und Metall und bildet Reaktionsprodukte (Chlorbutter). Durch die entstehende Salzsäure kommt es zusätzlich zu Korrosion an verschiedenen Materialien.

Daher sollten Vakuumregelventile auf keinen Fall mit Raumluft durchströmt werden.

Grundsätzlich sind offenstehende Anschlüsse sowohl auf der Druck- als auch auf der Vakuumseite umgehend mit Verschlussstopfen o. ä. abzudichten. Bitte keine Leitungen über den Winter offenstehen lassen!

2.4 Die Verwendung von Fett oder Silikonfett als Trennmittel für Dichtungen

Sowohl Fett als auch Silikonfett reagieren mit Chlor und bilden voluminöse Verunreinigungen. Das Reaktionsprodukt aus Silikonfett und Chlor sieht beispielsweise wie grauer Bauschaum aus. Dieses schaumige Material findet sich dann im seitlichen Abgang des Ventils oder in der Vakuumregeleinheit. Auf den Einsatz von Fett sollte daher verzichtet werden. Selbst der Gebrauch von hochwertigem Silikonöl oder Silikon spray ist problematisch und sollte, wenn überhaupt, hauchdünn erfolgen.

Sicherheitshinweise zur Vermeidung von Chlorgasfreisetzung-GHC-Hamburg-UK-FH-Version 4.0 vom 25.08.2021.

Sämtliche Angaben beruhen auf Erfahrungen und stellen keine Zusicherung von Eigenschaften dar.

Das vorgelegte Werk erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Autoren erlaubt.

3 Schäden durch Bildung von Chlorreaktionsprodukten

3.1 Reaktionsprodukte des Chlors mit Stahl, Messing, Schmierstoffen und sonstigen Werkstoffen

Diese Reaktionsprodukte sind ursächlich für die Verstopfung von Anlagenteilen. Diese Reaktionsprodukte (umgangssprachlich „Chlorbutter“) setzen sich beispielsweise auf der Ventilkugel oder auf dem Ventilkegel des Vakuumregelventils ab, so dass ein vollständiges Schließen des Ventils verhindert wird. Es kann zu einem unkontrollierten Abblasen des Flascheninhalts kommen.

Das Chlor tritt spätestens hinter dem (dann gesättigten) Aktivkohlefilter aus und löst Alarm aus!

3.2 Chloraerosole führen aufgrund ihrer enormen Aggressivität zu vielfältigen Zerstörungen.

Selbst Kunststoffe oder sogar Edelmetalle sind gegenüber Chloraerosolen nicht beständig.

Anlagenteile - wie beispielsweise die Gehäuse, Membranen, Federn etc. der Vakuumregelventile - werden durch Chloraerosole heftig angegriffen.



Bild 7 durch Chloraerosole angegriffenes Vakuumregelventil



Bild 8 durch ausgetretenes Chlor und Luftfeuchtigkeit angegriffenes Vakuumregelventil

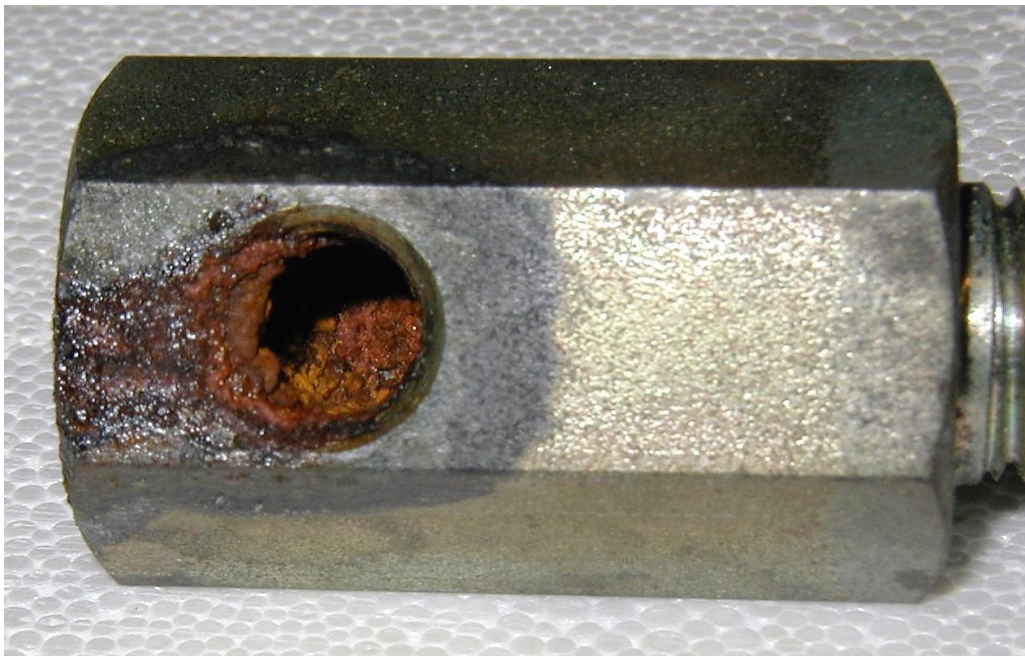


Bild 9 Chlorreaktionsprodukt mit Feuchtigkeit und Stahl



Bild 10 Chlorreaktionsprodukt mit Feuchtigkeit und Eisen



Bild 11 Chlorreaktionsprodukt mit Feuchtigkeit und Messing

4 Leckrate des Ventils und festsitzende Handräder

Chlorventile weisen aufgrund ihrer technischen Ausführung grundsätzlich eine Leckrate auf. Diese darf nach DIN EN ISO 10297 $6 \text{ cm}^3/\text{h}$ nicht überschreiten. Daher steht bei geschlossenem Ventil immer eine gewisse Menge gasförmigen Chlors im Ventilkörper. Diese Chlormenge ist abhängig von der Standzeit und dem Verschleiß des Ventils.

Je nach Alter und mechanischer Beanspruchung durch den Anwender befinden sich hinter der Verschlussmutter nur wenige Moleküle Chlor bis hin zu einem Überdruck, der sich durch einen „Zischer“ beim Öffnen der Verschlussmutter bemerkbar macht.

Eindringende Luftfeuchtigkeit verursacht unter Bildung von Salzsäure Korrosion im Ventilbereich. Korrosion wiederum kann „festsitzende Ventile“ verursachen (das Handrad lässt sich dann unter normalen Umständen nicht mehr bewegen). Bereits an der Chlordosieranlage angeschlossene Flaschen oder Fässer, sollten aus Sicherheitsgründen möglichst „leer gefahren“ werden, bevor sie von der Dosieranlage genommen werden und nur im äußersten Notfall von der Anlage getrennt und dann wieder angeschlossen werden.

Wartungsarbeiten sind unerlässliche Routinearbeiten, stellen aber keinen Notfall dar. Es bietet sich daher eine Wartung zum Zeitpunkt des Flaschen-/Fasswechsels an.

Nicht selten wird gerade bei Wasserwerken über einen längeren Zeitraum keine Chlorung nötig sein, Chlor wird stoßweise und in unregelmäßigen Abständen entnommen. Bei langen Standzeiten empfiehlt sich eine regelmäßige Entnahme von sehr kleinen Mengen Chlor, damit keine Korrosion entsteht und sich dadurch bedingt Korrosionsprodukte bilden können. Unterbleibt diese Maßnahme, so ist auch hier mit festsitzenden Handrädern zu rechnen.

5 Der Umgang mit Anbrüchen

Das Umsetzen von Chlorflaschen am Ende der Freibadsaison vom Freibad ins Hallenbad ist aus vorgenannten Gründen ausschließlich für volle, versiegelte Chlorgasbehälter möglich. Anbrüche müssen sicher und ordnungsgemäß verschlossen an den Füllbetrieb zur sicheren Entleerung zurückgegeben werden.

6 Unsachgemäß hohe Chlorentnahme

Die gasförmige Chlorentnahme darf bei Chlorflaschen (bei $15 \text{ }^\circ\text{C}$) maximal 1% der ursprünglichen Füllmenge pro Stunde betragen. Bei 65 kg Flaschen darf die Entnahmemenge daher ca. 650 g pro Stunde nicht überschreiten. Bei Chlorfässern darf lediglich 0,7% der ursprünglichen Füllmenge pro Stunde entnommen werden. Bei 1.000 kg Fässern mithin maximal 7,0 kg pro Stunde und bei 500 kg Fässern maximal 3,5 kg pro Stunde.

Bei überhöhter Entnahme kommt es zu Vereisungen am Flaschen-/Fassventil und dadurch zur Rückverflüssigung des Chlors in dem Vakuumregelventil. Es können sich Chlorreaktionsprodukte bilden, die zu verheerenden Schäden führen können (siehe dazu Punkt 3.2).

Eine überhöhte Chlorentnahme ist gegeben, wenn eine zu kleine Anzahl Chlorflaschen zur Versorgung zur Verfügung steht (Unterdimensionierung der Chloranlage)

oder nicht alle Ventile der angeschlossenen Chlorgasflaschen zur Entleerung geöffnet sind

oder wenn einzelne Flaschen sich nur langsam oder gar nicht entleeren lassen und damit nicht zur Versorgung zur Verfügung stehen.

Sicherheitshinweise zur Vermeidung von Chlorgasfreisetzung-GHC-Hamburg-UK-FH-Version 4.0 vom 25.08.2021.

Sämtliche Angaben beruhen auf Erfahrungen und stellen keine Zusicherung von Eigenschaften dar.

Das vorgelegte Werk erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Autoren erlaubt.

7 Funktionstest der Berieselungsanlage im Chlorgasraum

Grundsätzlich ist der Eintrag von Feuchtigkeit in den Chlorgasraum zu vermeiden.

Eine Berieselungsanlage ist gem. DIN 19606 eine mögliche Chlorgasbeseitigungseinrichtung einer Chloranlage. In der aktuellen Fassung befindet sich die Berieselungsanlage wieder über der Chlorentnahmeeinheit.

Sollte bei einem Chlorgasfreisetzung die Berieselungsanlage ausgelöst werden, so ist ein Feuchtigkeitseintrag unvermeidlich. Anlagenteile und Ventile werden direkt mit Wasser beaufschlagt. Darüber hinaus bildet sich im gesamten Chlorgasraum eine hohe Luftfeuchtigkeit. Die Folgen sind insbesondere für metallische Anlagenteile und Ventile Korrosion bis hin zur Zerstörung.

Funktionstests der Chlorgasbeseitigungseinrichtung sind halbjährlich durchzuführen. Bei Freibädern ist dies zweckmäßigerweise **vor Inbetriebnahme** der Chlorungsanlage **bei leerem Chlorgasraum** durchzuführen. Die Funktionskontrolle dient der Überprüfung des Magnetventils, der Sprühdüsen und deren Sprühwinkel und des Bodenablaufs. Des Weiteren soll kein Berieselungswasser unter der Tür austreten. Sollte ein Funktionstest während des Betriebes unvermeidbar sein, so sind alle Komponenten der Chlorgasdosieranlage mit Decken und Plastikfolien abzudecken. Nach dem Test ist die Raumluft durch ausreichende Lüftung auszutauschen. Anschließend sind alle Anlagenteile, die mit Feuchtigkeit in Berührung kommen, gründlich zu trocknen. Jeder unnötige Funktionstest sollte unbedingt vermieden werden.

Prallbleche über den Flaschen/Fässern oder einfache (Wasser-) Schutzkappen auf den Entnahmeventilen verhindern lediglich den direkten Kontakt der Anlagenteile und Ventile mit Wasser. Sie verhindern jedoch nicht den erheblichen Anstieg der Luftfeuchtigkeit im Chlorgasraum.

8 Mangelhafte Wartung der Chloranlage

Die Wartung der Chloranlage ist grundsätzlich von einer Fachfirma nach Herstellerangaben (Betriebsanleitung) und nach Maßgabe der BetrSichV sowie der DGUV Regel 107-001 mindestens jährlich und gem. DIN 19643-1 halbjährlich durchzuführen.

Die einzelnen Anlagenteile sollten nicht nur geprüft und ggf. ausgetauscht werden, sondern bei sicherheitsrelevanten Anlagenteilen - wie beispielsweise einer ausgefallenen Vakuumregelungseinheit - ist es unerlässlich, die Ursache der Störung zu ermitteln und den Fehler zu beheben.

Auf den gewarteten Teilen sollten Wartungsetiketten mit gültigem Prüfdatum angebracht werden oder alternativ dokumentiert werden, ob ein Anlagenteil geprüft wurde und wie lange es sicher verwendbar ist.

Damit die nach der Saison ausgebauten Teile auch im Frühjahr wieder fachlich gewartet in einwandfreiem Zustand aus der Werkstattwartung der Fachfirma zurückkommen, ist die Führung eines Inventars sinnvoll, ggf. sollten Fotos der Anlagenteile erstellt werden.

Lassen Sie Ihre Chlorungsanlage nur von einer kompetenten Fachfirma warten. Fragen Sie im Zweifel nach und lassen sich alles ganz genau erklären.

Die Wartungsfirma bescheinigt dem Betreiber, dass die Anlage an dem Tag der Wartung in einem einwandfreien, betriebssicheren Zustand ist oder aber Mängel aufweist, die einer Inbetriebnahme entgegenstehen. Sollte die Anlage in einem betriebssicheren Zustand sein, sollte die Wartungsfirma auch die Inbetriebnahme der Anlage vornehmen. Nur so kann sichergestellt werden, dass die gesamte Anlage tatsächlich einwandfrei und sicher funktioniert.

Sicherheitshinweise zur Vermeidung von Chlorgasfreisetzung-GHC-Hamburg-UK-FH-Version 4.0 vom 25.08.2021.

Sämtliche Angaben beruhen auf Erfahrungen und stellen keine Zusicherung von Eigenschaften dar.

Das vorgelegte Werk erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Autoren erlaubt.

**Bitte sparen Sie nie an der Sicherheit.
Sicherheit geht immer vor!**

Herausgegeben von

Ulrich Klatte



und

Dr. Frank Hülshorst

DR. HÜLSHORST
Schwimmbadsicherheit

mit freundlicher Unterstützung von
Georg Csontos

Normen und Vorschriften (Auszug)

DGUV R 107_001, DGUV I 203_086, DGUV 213_040, DIN 19606, DIN 19643

Bildernachweis

Bild 1	Tricura GmbH & Co. KG, Oldenburg
Bild 2	GHC, Hamburg
Bild 3	www.steinbach-ag.de
Bild 4	GHC, Hamburg
Bild 5	Tricura GmbH & Co. KG, Oldenburg
Bild 6	GHC, Hamburg
Bild 7	Dr. Hülshorst Schwimmbadsicherheit, Wesel
Bild 8	Dr. Hülshorst Schwimmbadsicherheit, Wesel
Bild 9	GHC, Hamburg
Bild 10	GHC, Hamburg
Bild 11	GHC, Hamburg

Sicherheitshinweise zur Vermeidung von Chlorgasfreisetzung-GHC-Hamburg-UK-FH-Version 4.0 vom 25.08.2021.

Sämtliche Angaben beruhen auf Erfahrungen und stellen keine Zusicherung von Eigenschaften dar.

Das vorgelegte Werk erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Autoren erlaubt.