

Störfallsicherheit von Bädern im Kanton Zürich

Auf den 1. April 1991 ist die Verordnung über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StFV) in Kraft getreten. Sie bezweckt den Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor schweren Schädigungen durch Störfälle, welche beim Betrieb von Anlagen wie z.B. Schwimmbädern, auftreten können. In vielen Schwimmbädern erfolgt die Wasseraufbereitung bzw. Wasserdesinfektion zurzeit mittels druckverflüssigtem Chlor. Folglich unterstehen jene Bäder der Störfallverordnung, in denen die maximal gelagerte Menge Chlorgas mehr als 200 kg beträgt. Im Kanton Zürich sind es zurzeit (Stand Mai 1995) 123 Bäder.

Bezugspunkte zur Störfallverordnung

Unter die Störfallverordnung fallen Betriebe, welche grössere Mengen gefährlicher Stoffe auf ihrem Betriebsareal lagern oder verarbeiten. Je gefährlicher, z.B. giftiger, ein Stoff ist, um so geringer ist die Menge, welche dazu

führt, dass ein Betrieb unter die Störfallverordnung fällt.

Die für die Bäder in der Regel ausschlaggebende Mengenschwellen sind:

- Chlor 200 kg
- Salzsäure 2'000 kg
- Natronlauge 2'000 kg

Da bei Freibädern der durchschnittliche Chlorgasverbrauch bei ca. fünf Lieferungen von je zehn Chlorgasflaschen à 60 kg pro Saison liegt – bei Hallenbädern ist der Badbetrieb saisonunabhängig – und sich somit die durchschnittliche Lagermenge von Chlor auf maximal 600 kg belaufen kann, unterstehen sämtliche grösseren Bäder der Störfallverordnung. Der angenommene Chlorgasverbrauch lässt sich darauf zurückführen, dass für einen Kubikmeter Wasser 0,3 g Chlor pro Stunde zur Desinfektion nötig sind und die meisten Bäder über grössere und auch mehrere Becken verfügen.

Redaktionelle Verantwortung für diesen Beitrag:
Dr. iur. Liliane Sieber
 Koordinationsstelle für Störfallvorsorge
 8090 Zürich
 Telefon 01 291 41 48



Hallenbad Oerlikon

Beträgt die im Bad vorhandene Menge Chlor mehr als 200 kg, so untersteht das Bad der Störfallverordnung

Vielfach überschreiten zudem auch die vorhandenen Salzsäure- bzw. Natronlaugestände die entsprechenden Mengenschwellen von je 2'000 kg.

Schutzobjekt der Störfallverordnung ist gemäss Art. 1 Abs. 1 die Umwelt und die Bevölkerung. Gemäss der in Art. 2 Abs. 4 statuierten Definition des Störfalles als «...Ereignis in einem Betrieb...», bei dem erhebliche Einwirkungen ausserhalb des Betriebsareals

auftreten...», könnte man geneigt sein, die Badebesucher nicht dazuzuzählen. Dem ist aber nicht so, sondern die im Sinne der Störfallverordnung zu schützenden Personen sind neben den in der näheren Umgebung des Bades wohnenden Personen auch die Badebesucher.

Zum Schutzobjekt der «Bevölkerung» gemäss Art. 1 Abs. 1 StfV zählen auch die Badbesucher.

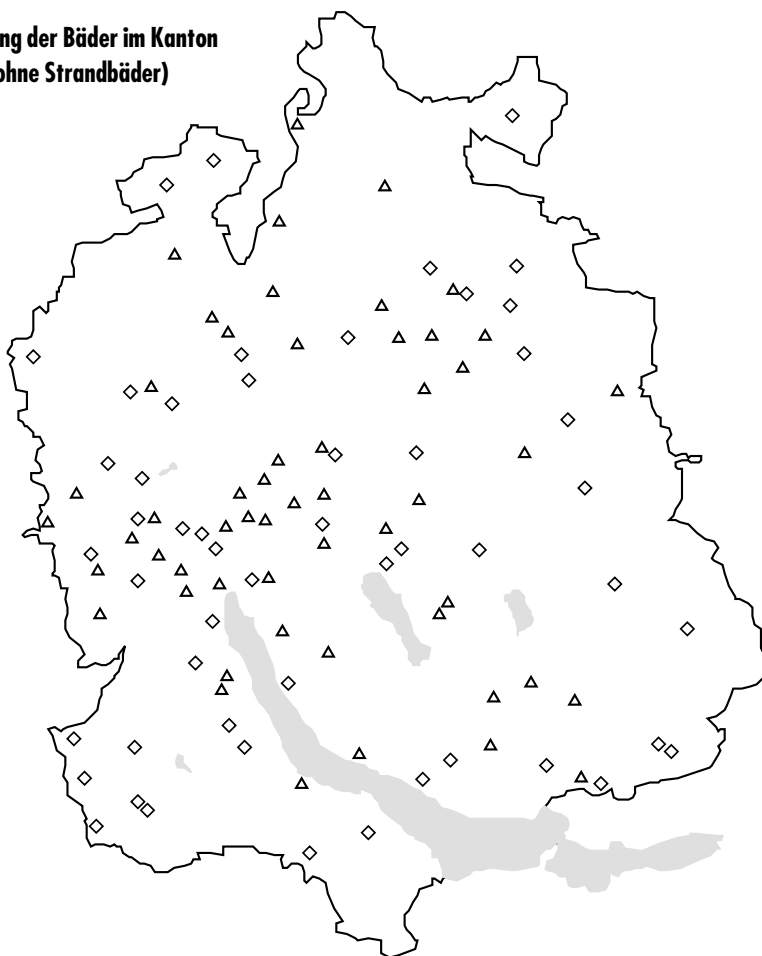
Bäder im Kanton Zürich

Im Kanton Zürich gibt es insgesamt 123 Schwimmbäder.

Zahlenmässige Aufteilung der Bäder im Kanton Zürich

	Anzahl	Der StfV unterworfen	Im CRK	Kein Gefahrenpotential
Freibäder	55	36	18	1
Hallenbäder	54	8	33	13
Kombinierte Schwimmbad- anlagen (Hallen- und Freibad)	14	13	1	0
Total	123	57	52	14

Verteilung der Bäder im Kanton Zürich (ohne Strandbäder)



- ◇ Bad im Chemierisikokataster (CRK)
- △ Bad, welches der StfV unterliegt

In den Chemierisikokataster (CRK) werden sämtliche Bäder, die der Störfallverordnung unterstehen sowie jene, die zwar die vorgeschriebene Mengenschwelle nicht erreichen, aber dennoch ein beträchtliches Gefahrenpotential aufweisen, aufgenommen. Das sind konkret diejenigen Bäder, welche mindestens 50 kg Chlor bzw. 500 kg Salzsäure oder Natronlauge lagern.

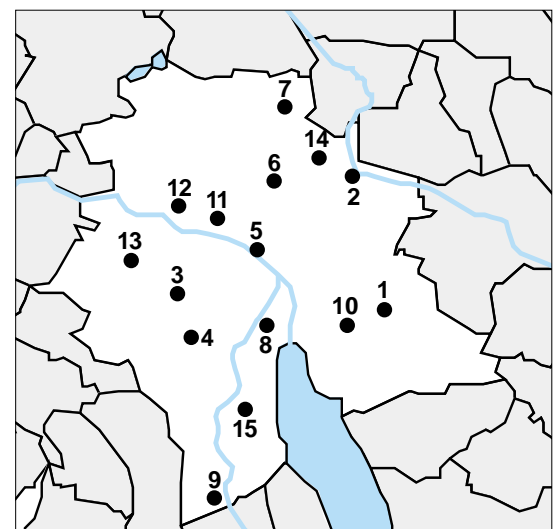
Kein Gefahrenpotential weisen vorwiegend die Schulschwimmanlagen (sog. Kleinschwimmanlagen) auf. Demzufolge sind sie weder für die Störfallverordnung noch für den Chemierisikokataster relevant.

Geographische Verteilung der Bäder im Kanton Zürich

– Auf die Stadt Zürich

entfallen (ohne die Strandbäder) fünfzehn Badeanlagen: davon sieben Freibäder und acht Hallenbäder:

- Freibäder
 1. Freibad Dolder
 2. Freibad Auhof
 3. Freibad Letzigraben (erbaut von Max Frisch; steht unter Denkmalschutz)
 4. Freibad Heuried
 5. Freibad Unterer Letten
 6. Freibad Allenmoos (steht unter Denkmalschutz)
 7. Freibad Seebach
- Hallenbäder
 8. Hallenbad City
 9. Hallenbad Leimbach
 10. Hallenbad Bungertwies
 11. Hallenbad Käferberg
 12. Hallenbad Blaesi
 13. Hallenbad Altstetten
 14. Hallenbad Oerlikon
 15. Hallenbad Tannenrauch





Bad Seebach



Badmeister im Hallenbad Oerlikon

Amt für Gesundheit und Umwelt der Stadt Zürich, Hauptabteilung Bäder

– Die Stadt Winterthur

zählt fünf Badeanlagen: vier Freibäder und eine kombinierte Anlage mit Hallen- und Freibad.

– Die restlichen 103 Schwimmbäder

verteilen sich auf die übrigen 169 Gemeinden des Kantons Zürich. Im Durchschnitt entfallen damit rund auf drei Zürcher Gemeinden zwei Bäder. Die hohe Anzahl Hallenbäder ist auf den Hallenbad-Boom der siebziger Jahre zurückzuführen. Damals bauten die meisten Gemeinden ein eigenes Hallenbad, oft neben oder in der Nähe des Schulhauses. Parallel dazu wurde dafür das Fach «Schwimmen» nun ganzjährig in den Schulstundenplan integriert.

– Als Vergleich

sei erwähnt, dass es in der Schweiz gesamtweit rund 500 öffentliche und ca. 3000 private oder halbprivate Hallenbäder gibt.

Desinfektion (Entkeimung) des Wassers in öffentlichen Bädern

Badewasser muss desinfiziert werden. Die ständig feuchten und warmen Bedingungen in Schwimmanlagen fördern das Wachstum von Keimen, mit denen die Badegäste in Kontakt kommen können. Deshalb werden in diesen Anlagen besonders hohe hygienische Standards verlangt, die gemäss heutiger Praxis hauptsächlich mit Unterstützung chemischer Stoffe erreicht werden. Insbesondere die Desinfektionsmittel haben ein hohes Umweltgefährdungspotential, da sie funktionsgemäss bakterien- und pilztötende Wirkung haben.

Zwischen Hygiene und Umweltschutz bestehen somit erhebliche Zielkonflikte.

Die Desinfektion des Badewassers erfolgt in der Regel durch Zugabe von Chlor im Vakuumverfahren. Vor der Zugabe von Chlor erfolgt in einigen wenigen Bädern noch eine Voroxydation mit Ozon.

Folgende Chemikalien sind für die Desinfektion des Wassers in öffentlichen Bädern zugelassen (vgl. SIA-Norm 385.12, Ausgabe 1994):

- Chlor (gasförmig) – Cl₂
- Javelle-Lauge: alkalische Lösung von Natriumhypochlorit – NaClO
- Calciumhypochlorit – Ca (ClO)₂

Nicht bewilligt für die Wasserdeseinfektion in öffentlichen Bädern sind folgende Mittel:

- Ozonierung ohne nachfolgende Chlorierung
- Brom bzw. Bromverbindungen
- Di-Halo
- Natriumchlorit
- Chlordioxid
- Dichlor- bzw. Trichlorisocyanursäure

Vor- und Nachteile von Ozon

Vorteil

Ozon besitzt ein sehr gutes Desinfektionsvermögen, baut Verunreinigungen durch «nasse Verbrennung» zu Wasser (H₂O) und Kohlen-



Chlordioxidanlage zur Wasseraufbereitung

Amt für Gesundheit und Umwelt der Stadt Zürich, Hauptabteilung Bäder



Blick unter das Hallenbad Oerlikon

Ami für Gesundheit und Umwelt der Stadt Zürich, Hauptabteilung Bäder

dioxid (CO₂) ab und lässt somit keine schädlichen Abbauprodukte im Wasser zurück.

Nachteil

Rasche Ausgasung, d.h. keine Depotwirkung. Daher ist nur eine geringe Maximalkonzentration im Badewasser möglich.

Vor- und Nachteile von chlorhaltigen Desinfektionsmitteln

Vorteil

Sie haben ein sehr gutes Desinfektionsvermögen.

Nachteil

Bildung chlorierter organischer Verbindungen. Diese wirken bereits in geringen Mengen negativ auf Ökosysteme und haben auch nachteilige Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit.

Eigenschaften und Wirkungen von Chlor

Chlor ist hoch toxisch (Giftklasse 1). Chlor ist sehr stark oxidierend und wirkt zusammen mit Feuchtigkeit sehr korrosiv auf Metalle. Flüssiges Chlor ist eine durchsichtige, bernsteinfarbige Flüssigkeit. Chlorgas ist ein gelbgrünes Gas mit scharfem, beissendem Geruch und ist zweieinhalbmal schwerer als Luft.

Chlorkonzentrationen von wenigen ppm (1 ppm = 1 cm³ Chlor in 1 m³ Luft) in der Atemluft verursachen beim Menschen schon nach kurzer Zeit erhebliche gesundheitliche Schäden und führen bei Konzentrationen im

Promillebereich zum Tod, wie die nachstehende Übersicht zeigt:

Chlorkonzentration	Wirkung/Symptome
0,05 – 1 ppm	Geruchswahrnehmung
1 ppm	Kein Risiko, auch bei längerer Einwirkung
4 ppm	Erträglich während einiger Minuten ohne schwere Folgen (Arbeiten nicht möglich)
10 ppm	Bronchitis nach einer Stunde
15 ppm	Sofortige Reizung der Augen
30 ppm	Hustenreiz – Lungenödem nach zehn Minuten möglich
50 ppm	Lungenödem, Tod nach einer halben bis einer Stunde
500 ppm	Tod nach fünf bis zehn Minuten
1000 ppm	Sofortiger Tod nach einigen Atemzügen

Die maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK-Wert) für Chlor ist 0,5 ppm.

Deshalb müssen bestehende Anlagen, in denen Chlorgas direkt aus Druckflaschen bezogen wird, sicherheitsmässig dem Stand der Technik entsprechen.

Gefahren beim Umgang mit Chlor

In der Regel darf davon ausgegangen werden, dass bezüglich Todesopfer und Verletzte einzig das verwendete Chlorgas ein erhebliches Gefahrenpotential darstellt und deshalb gegebenenfalls in einer Risikoermittlung genauer

zu untersuchen ist. Bei der Festlegung der Gefahrenorte sind aber nicht nur der Chlorgasraum, sondern auch der Anlieferungsort sowie die internen Transportwege zu berücksichtigen. Die Wahrscheinlichkeit eines Störfalles ist am grössten beim Handling mit Chlorgasflaschen, sei dies beim Umschlag oder beim Anschliessen einer neuen Flasche. Daneben ist aber auch eine Chlorgasfreisetzung aus einer in Betrieb stehenden Chlorgasflasche denkbar. Ebenfalls möglich ist eine Entleerung einer Chlorgasflasche nach Sabotage.

Was kann passieren?

Beispiel eines Störfallszenarios mit Freisetzung von Chlorgas

In der Regel ist davon auszugehen, dass bezüglich Todesopfer und Verletzte einzig das verwendete Chlorgas ein erhebliches Gefahrenpotential darstellt.

Aufgrund von statistischen Auswertungen von Unfällen ergeben sich folgende massgebliche Freisetzungsszenarien:

- Entleerung einer Chlorgasflasche beim Umschlag
- Freisetzung von Chlorgas beim Anschliessen einer neuen Flasche
- Chlorgasfreisetzung aus einer in Betrieb stehenden Chlorgasflasche
- Entleerung einer Chlorgasflasche nach Sabotage

Der Ereignisablauf des ersten Freisetzungsszenarios könnte wie folgt aussehen:

Bei der Anlieferung von Chlorgas fällt eine Druckflasche von der Ladebrücke des

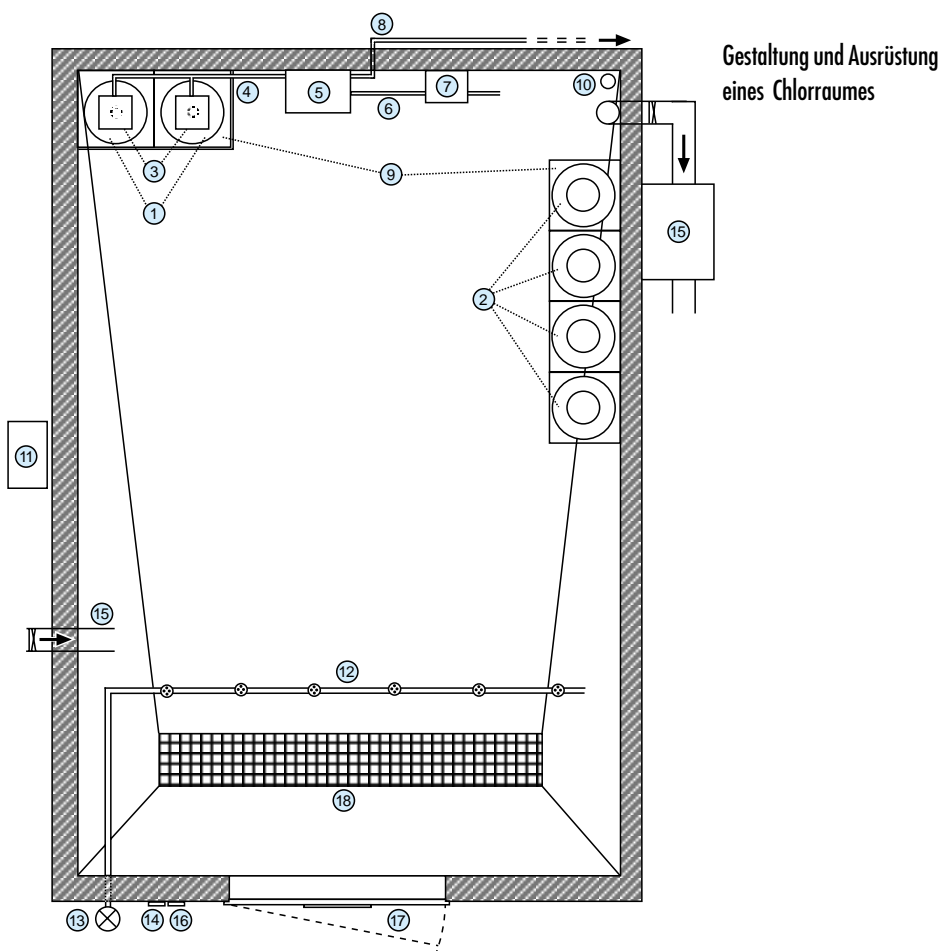


Getrennte Chemikalienräume (rechts der Lagerraum, links der Dosiererraum) mit direktem Ausgang ins Freie



Chlorgaswarngerät

Amt für Gesundheit und Umwelt der Stadt Zürich, Hauptabteilung Bäder



Gestaltung und Ausrüstung eines Chlorraumes

- | | |
|------------------------------------|---|
| ① Chlorflasche, angeschlossen | ⑪ Gaswarngerät |
| ② Reserveflaschen | ⑫ Sprühanlage |
| ③ Vakuump-Flaschenventil | ⑬ Handrad für Sprühanlage |
| ④ Vakuundleitung zum Dosiergerät | ⑭ Lichtschalter |
| ⑤ Vakuump-Dosiergerät | ⑮ Ventilation mit automatischen Lüftungsclappen |
| ⑥ Abblasleitung zur Neutralisation | ⑯ Handschalter für Ventilation |
| ⑦ Neutralisation | ⑰ Türen mit Schauglas, nach aussen öffnend |
| ⑧ Vakuundleitung zum Injektor | ⑱ Gitterrost mit Bodenabluft |
| ⑨ Flaschenrechen | |
| ⑩ Gassensor | |

Lastwagens direkt auf das Flaschenventil. Da die Schutzkappe nicht korrekt aufgeschraubt war, wird der Flaschenverschluss zerstört. In der Folge entweicht der liegenden Flasche (Durchmesser der Öffnung ca. 1 cm) rund achtzig Prozent des Flascheninhalts (50 kg) und verdampft sofort. Bei der Gasausbreitung spielen die meteorologischen Bedingungen eine zentrale Rolle. Weitere Parameter sind aber auch die Umgebung (Geländeform sowie Gebäude und Bepflanzung). Die angenommene Windstärke liegt bei 3 m/s (typische Schönwetterlage, ca. 25 °C). Der Wind bläst vom Freisetzungsort in Richtung Liegewiese.

Gemäss Besucherstatistik ist an einem hochsommerlichen Werktag am frühen Nachmittag in einem Bad von ca. 20'000 m² Fläche mit 2'500 bis 3'500 Badegästen zu rechnen. Dies entspricht einer Personendichte von 0,125 bis 0,175 Personen/m².

Im Konzentrationsbereich von 1'000 ppm ist mit einer betroffenen Fläche von ca. 5'000 m² zu rechnen.

Aufgrund von Modellrechnungen könnte das Schadenausmass wie folgt anstehen:

- Gesamthaft betroffene Personen: einige hundert
- Fünfzig Prozent der betroffenen Personen können fliehen
- Bis zu vierzig Prozent Verletzte
- Bis zu zehn Prozent Todesopfer

Ein schwerer Schaden im Sinne der Störfallverordnung wäre also bei diesem Szenarium sicher zu erwarten.

Alternativen zu Chlorgas: Elektrolyse-Verfahren

Aus der Sicht der Störfall- und Arbeitssicherheit ist mittel- und langfristig ein Verzicht auf die Verwendung von druckverflüssigtem Chlor zur Wasserdeseinfektion anzustreben. Bei Neuanlagen oder bei Totalsanierungen sind daher schon heute alternative Desinfektionsverfahren zu prüfen und wenn möglich zu realisieren. Chlorgas oder Natriumhypochlorit können bei diesen Alternativverfahren direkt vor Ort in den gerade benötigten Mengen hergestellt und sofort verbraucht werden.

Vorteile

- Der Transport und die Lagerung von Chlorgas entfallen und damit auch das Unfallrisiko beim Handling, Dosieren, Lagern und Transportieren von Chlorgasflaschen.
- Die Wasseraufbereitung erfolgt ohne direkten Einsatz von reinem Chlor.
- Mehr Sicherheit für die Badegäste, das Badpersonal und auch für die Anwohner.

Was ist «Elektrolyse»?

Das Chlorgas bzw. die Natriumhypochlorit-Lösung wird im Bad, also erst dort, wo es gebraucht wird, elektrochemisch hergestellt. Mit Hilfe von Strom findet die Herstellung von Chlor bzw. Natriumhypochlorit aus einer weniger gefährlichen Salzsäure oder einer ungefährlichen Kochsalzlösung an den Elektroden des Chlorreaktors statt. Auf den Transport und die Lagerung von druckverflüssigtem Chlor in Chlorflaschen oder Rolltanks kann also verzichtet werden.

Natriumhypochlorit durch Kochsalzelektrolyse

Bei der Kochsalzelektrolyse wird Kochsalz aufgelöst und das Natrium und das Chlorid liegen als Ionen vor. Unter Gleichspannung werden diese Ionen dann Atome und reagieren sofort mit Wasser:

- Natrium (Na) reagiert mit Wasser (H_2O) zu Natronlauge (NaOH) und Wasserstoff (H_2).
- Chlor (Cl_2) reagiert mit Wasser (H_2O) zu unterchloriger Säure (HClO) und Salzsäure (HCl).

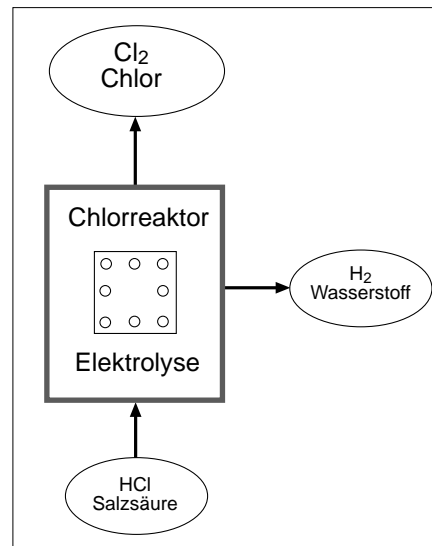
Diese Reaktionen gehen aber sofort weiter, da Natronlauge (NaOH) und unterchlorige Säure (HClO) miteinander reagieren. NaOH und HClO zu Javelle ($NaClO$) und Wasser.

Das aus Kochsalz hergestellte aktive Desinfektionsmittel hat annähernd die gleichen Eigenschaften wie Javelle-Lauge. Es ist aber nicht so stark alkalisch wie Javelle-Lauge.

Die Kochsalzelektrolyse kann das Kochsalz nicht vollständig elektrolysieren und lässt somit, auch wenn Trennmembranen vorhanden sind, Kochsalz ins Wasser. Dieses muss dann entsorgt werden.

Chlorgas durch Salzsäureelektrolyse (Chlorreaktor)

Der Chlorreaktor elektrolysiert 32prozentige Salzsäure (HCl) in Wasserstoff (H_2) und Chlorgas (Cl_2). Das entstehende Chlorgas wird direkt dem Wasserkreislauf zudosiert. Die gleichzeitig entstehende Salzsäure setzt die Karbonathärte (Puffer) herab und kann eine pH-Senkung bewirken.



Chlorreaktor

Systemvergleich und -bewertung

(Chlorgas, Elektrochlor mit Salzsäure, Elektrochlor mit Kochsalz)

Der Systemvergleich für die Desinfektionsmittel in der Badewasseraufbereitung ist anhand verschiedener Bewertungskriterien durchzuführen. Die Bewertung und Gewichtung der Betriebsrisiken der einzelnen Systeme kann je nach behördlicher Auflage und politischer Situation, wie auch der Örtlichkeiten des Bades höher oder geringer bewertet werden. Tendenziell kann man jedoch davon ausgehen, dass die Betriebsrisiken zukünftig verringert werden müssen und dementsprechend eine höhere Bewertung angebracht ist.

Die Salzsäure-Elektrolyse eignet sich primär in Gebieten mit hoher Wasserhärte zur Erzeugung von Chlorgas.

Die Kochsalz-Elektrolyse zur Erzeugung von Natriumhypochlorit wird bei weichem Wasser eingesetzt oder bei hartem Wasser, wenn vermehrte Säurezugabe sowie der erhöhte Frischwasserzusatz akzeptiert werden kann.

Zusammenfassend ergibt die Bewertung und der Kostenvergleich, dass bei gleicher Gewichtung von Erstellungskosten und Betriebskosten das Desinfektionssystem mit Chlorgas anzuwenden ist. Bei höherer Bewertung der Betriebsrisiken ist ein Elektrochlorsystem einzusetzen (vgl. dazu Studie durchgeführt von Ingenieurbüro B. Kannewischer; 12.5.93).

Literatur

- SIA-Norm 385/12, Ausgabe 1994: Anforderungen an das Wasser und an die Wasseraufbereitungsanlagen in Gemeinschaftsbädern (verbindlich für sämtliche Bäder)
- Chlorierungsanlagen in Schwimmbädern: Wegleitung zur Überprüfung der Sicherheit; herausgegeben vom Gesundheitsamt der Stadt Winterthur