



Ursachen von Chlorit- und Chloratbildung im Schwimmbadwasser

Ref.: Georg Csontos

I. Einführung

HINTERGRUNDINFORMATIONEN

Die Betreiber von Schwimmbädern, Planer, Anlagenbauer und Gerätehersteller stehen mit der DIN 19643 /1/, welche einen **oberen Wert*)** für den **maximalen Gehalt an Chlorit und Chlorat von 30 mg/l** vorschreibt, vor einer großen Herausforderung.

Dieser Vortrag soll den Zuhörern die Bedeutung des Parameters Chlorat, die Gefährdungen durch Chlorat, und natürlich Wege zur Minimierung dieses Desinfektionsnebenproduktes an die Hand geben.

*) **oberer Wert:** Die DIN 19643 ist anerkannte Regel der Technik aber kein Gesetz. Aufgrund des Fehlens einer gesetzlichen Regel für die Schwimmbeckenwasserqualität und -aufbereitung, kommt der DIN 19643 jedoch sehr große Bedeutung als allgemein anerkannter Regel der Technik zu.

Der Begriff „Grenzwert“ ist gesetzlich festgelegten Grenzen vorbehalten.

WAS IST CHLORAT – 1 – ?

Chlorat = ClO_3^-

Chlorat ist das Anion der sogenannten Chlorsäure HClO_3 .

Säuren des Chlorids und der Chloroxide sind:

| | | | |
|-----------------|--------------------|------------------|-------------|
| HCl | Salzsäure | Cl^- | Chlorid |
| HClO | Hypochlorige Säure | ClO^- | Hypochlorit |
| HClO_2 | Chlorige Säure | ClO_2^- | Chlorit |
| HClO_3 | Chlorsäure | ClO_3^- | Chlorat |
| HClO_4 | Perchlorsäure | ClO_4^- | Perchlorat |

WAS IST CHLORAT – 2 – ?

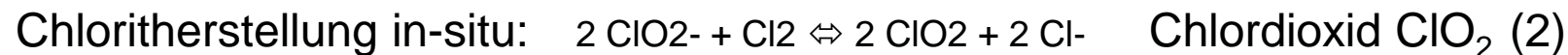
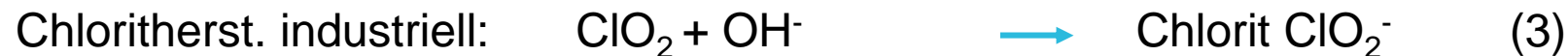
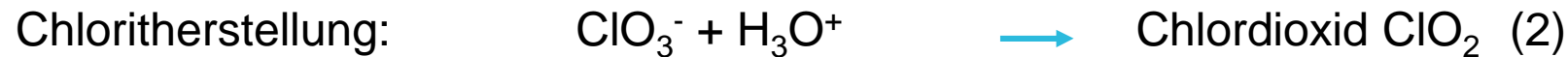
Chlorat ClO_3^- ist ein wichtiges Zwischenprodukt in der anorganischen Synthese. Seine Salze wie z.B. Kaliumchlorat sind wichtige Produkte der chemischen Industrie.

Chlorat dient zur Herstellung von:

- Feuerwerkskörpern
- Sprengstoffen
- Herbiziden
- Pestiziden (Unkraut-Ex®)
- Oxidationsmitteln
- Zündhilfsstoffen (Streichholzköpfe)

WAS IST CHLORAT – 3 – ?

Chlorat dient als Zwischenprodukt für die Natriumchloritherstellung



Eine Chlordioxidherstellung on-site aus Chlorat direkt nach (2) für die Wasseraufbereitung ist unerwünscht, da hierbei Chlor entsteht. Chloratsalze sind zur Trinkwasseraufbereitung in D **nicht** zugelassen.

Chlorfreies Chlordioxid lässt sich durch Oxidation von Chloritlösungen mit Salzsäure HCl und Peroxide gewinnen (4).

CHLORAT IN DER WASSERBEHANDLUNG

Chlorat ist ein unerwünschtes Zerfallsprodukt aus der Reaktion der Desinfektionsmittel Chlor und Chlordioxid mit Wasserinhaltsstoffen bei der Wasserbehandlung.

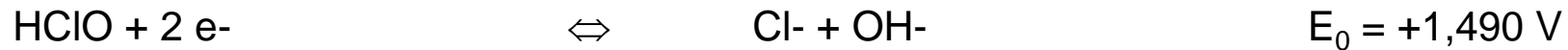
Chlorat ist ein unerwünschtes Abbauprodukt aus dem Zerfall der desinfektionsmittelhaltigen Dosierlösungen.

- Chlorat ist ebenfalls ein reaktionsfreudiger Stoff, aber wesentlich stabiler als Hypochlorige Säure, Chlordioxid und Chlorit.
- Der Zerfall dieser Desinfektionslösungen unter Chloratbildung ist aufgrund der Reaktionsfreudigkeit der chlorhaltigen Desinfektionsmittel unvermeidlich.
- Die Minimierung sollte daher auf die geeignete Handhabung der Erzeugungs- und Dosiergeräte sowie auf eine gute Bäderpraxis GBP abzielen.
- Mittlerweile sind verschiedene Systeme zur Abtrennung von Chlorat im Einsatz (NF, RO)

II. Chemie des Chlorat und Chlorit

CHLORAT IM BADEWASSER – CHEMIE UND PHYSIK

Redoxspannung und Normalpotential sind Messgrößen für die Oxidationskraft von Wirkstoffen:



Die Redoxspannung von Chlorat - als Indikator für dessen Reaktivität - ist im neutralen Milieu (pH = 6 - 9) viel geringer als die von Hypochloriger Säure.

Während Hypochlorit schnell umgesetzt wird, verbleibt Chlorat in Schwimm- und Badebeckenwasser stabil erhalten.

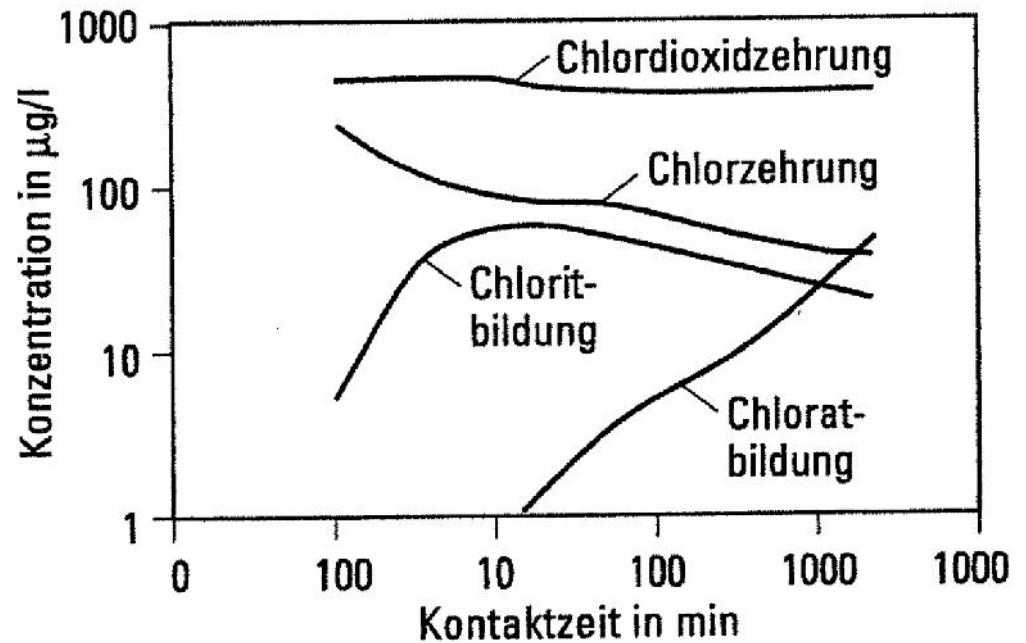
Solange freies Chlor im Beckenwasser vorhanden ist, wird Chlorat nicht als Oxidationsmittel umgesetzt.

CHLORAT – CHEMIE UND PHYSIK

Unter neutralen Bedingungen sind HClO_2 und HClO_3 milde Oxidationsmittel mit einer geringen Redoxspannung mit langsam ablaufender Umsetzung. Daher kommt es bei Dosierung von Chlor in Beckenkreisläufe zu einem schnellen Abbau von Chlor und einer Anreicherung der stabileren Abbauprodukte.

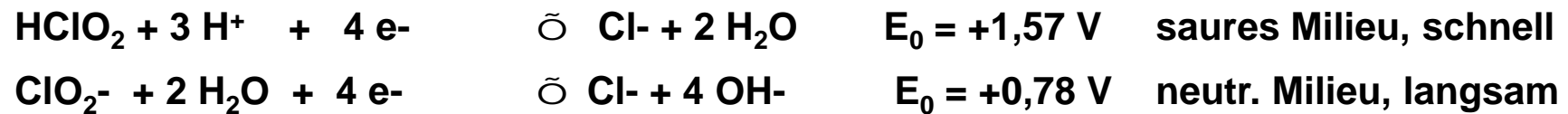
Nebenstehende Abbildung zeigt, wie sich Chlorat in gechlortem Trinkwasser anreichern kann.

/Ref.: Höll: Wasser 2004/



CHLORIT – CHEMIE UND PHYSIK

Redoxpotentiale der chlorigen Säure und des Chlorit:



Chlorige Säure HClO_2 ist in saurer Lösung ein starkes Oxidationsmittel.

In Gegenwart von Oxidationsmitteln oder Säuren wird Chlorit zu Chlordioxid und Chlorat abgebaut.

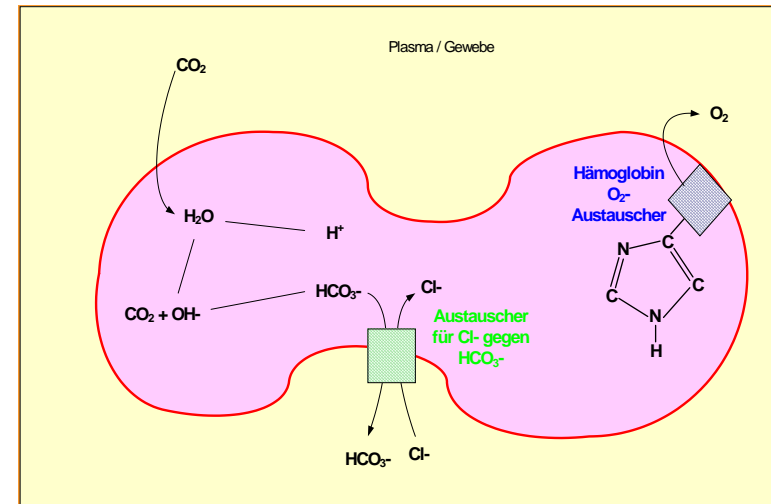
Chlordioxid und Chlorit dürfen nach DIN 19643 **nicht** in den Beckenkreislauf eingebracht werden.

Chlorit spielt in der Schwimmbeckenwasseraufbereitung keine Rolle.

HÄMOLYTISCHER EFFEKT VON CHLORIT UND CHLORAT

Chlorit and Chlorat sind beim Verschlucken oder Einatmen als Aerosol gesundheitsschädlich.

Diese Stoffe haben eine hämolytische Wirkung. Dies bedeutet die Blockierung der Andockstellen für Sauerstoff in den Roten Blutkörperchen.



Die hämolytische Wirkung von Chlorit ist um eine bis zwei Größenordnungen stärker ausgeprägt als die von Chlorat.

Dem Chlorat wird auch eine negative Wirkung auf die Nierenfunktion zugeschrieben.

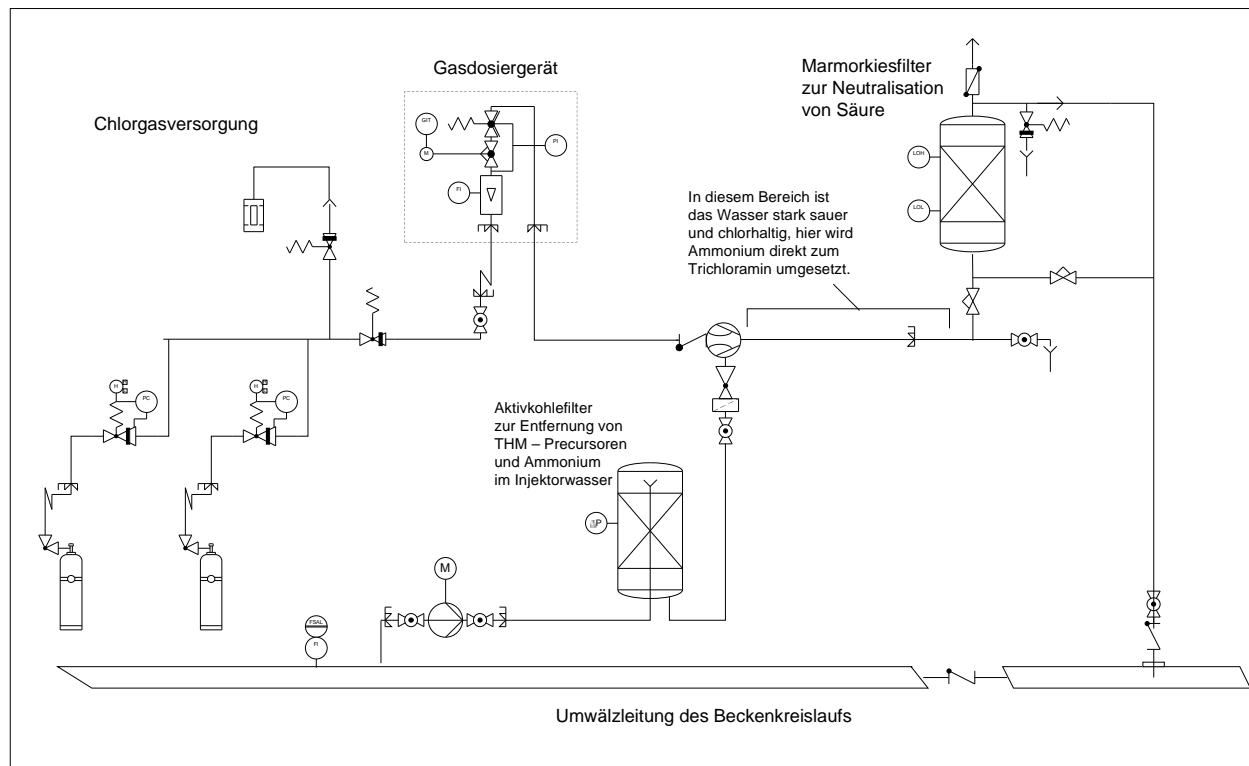
Die Hämolyse ist wie Infektionskrankheiten eine Erkrankung mit akuter Symptomatik



III. Chlorat bei Chlorgasdosierungen ?

Hintergrundbelastung von Chlorat

CHLORGASDOSIERUNG NACH DIN 19606 - 2010



Chlorgas als chemisches Element kann ohne den Reaktionspartner „Wasser“ kein Chlorat bilden.

Chlorgas ist nahezu unbegrenzt lagerungsstabil und kann in Druckbehältern kein Chlorat bilden.

CHLORGASDOSIERUNG UND CHLORAT

Bevorratung und Chlorgaseinmischung als chemisches Element

Aus Chlorgas Cl_2 entstehen erst mit Wasser H_2O die Hypochlorige Säure / Aktivchlor HClO und Hypochlorit ClO^- :



Eine Umwandlung zu Chlorat über Hypochlorite erfolgt erst im Beckenwasser.



Chlorat ist damit ein Parameter für die Beckenbelastung durch Badegäste und für das Alter des Beckenwassers.

Alle anderen Chlorungsprodukte bringen produktionsbedingt oder durch die Lagerung der Hypochlorite bereits Chlorat mit ins Beckenwasser.



V. Granulatanlagen und Chlorat

Chloratentstehung in Granulatanlagen

Chlorgranulat als Feststoff ist gegen Zerfall stabil.

Hoch konzentrierte Granulatlösungen sind stark alkalisch mit $\text{pH} \Rightarrow 12$ und daher lange Zeit gering im Chloratgehalt.

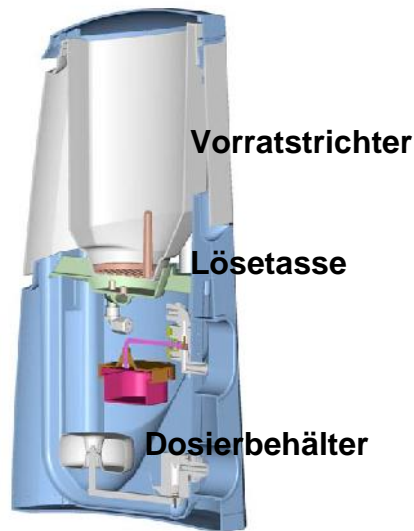
Geringer konzentrierte $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ – Lösungen bei reduziertem pH ($9 > \text{pH} > 7$) neigen wie Bleichlaugelösungen zur Chloratbildung.

Bei der Herstellung kann Chlorat gebildet werden, das zum Teil in großen Mengen in Chlorgranulat enthalten sein kann.

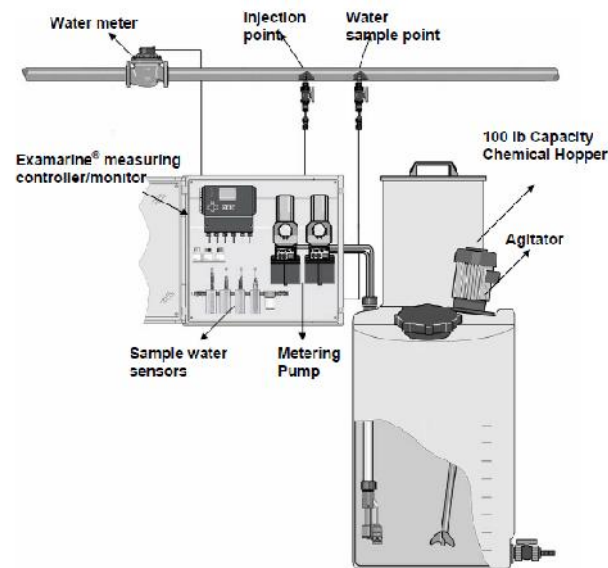
Auch Granulate neigen nach Kontakt mit Feuchtigkeit schneller zum Zerfall.
Vorsicht: Kein Granulat im Überschuß mit wenig Wasser mischen.

Vermeidung der Chloratbildung bei Granulatanlagen

- Trockene Lagerung des Granulats
- Minimierung des Vorrats an (angesäuerter) Calciumhypochloritlösung
- Passende Dimensionierung des Dosiersystems mit kurzen Nachfüllintervallen für Granulat.



Löseanlage nach dem Sprühverfahren
Ref.: Arch Chemicals

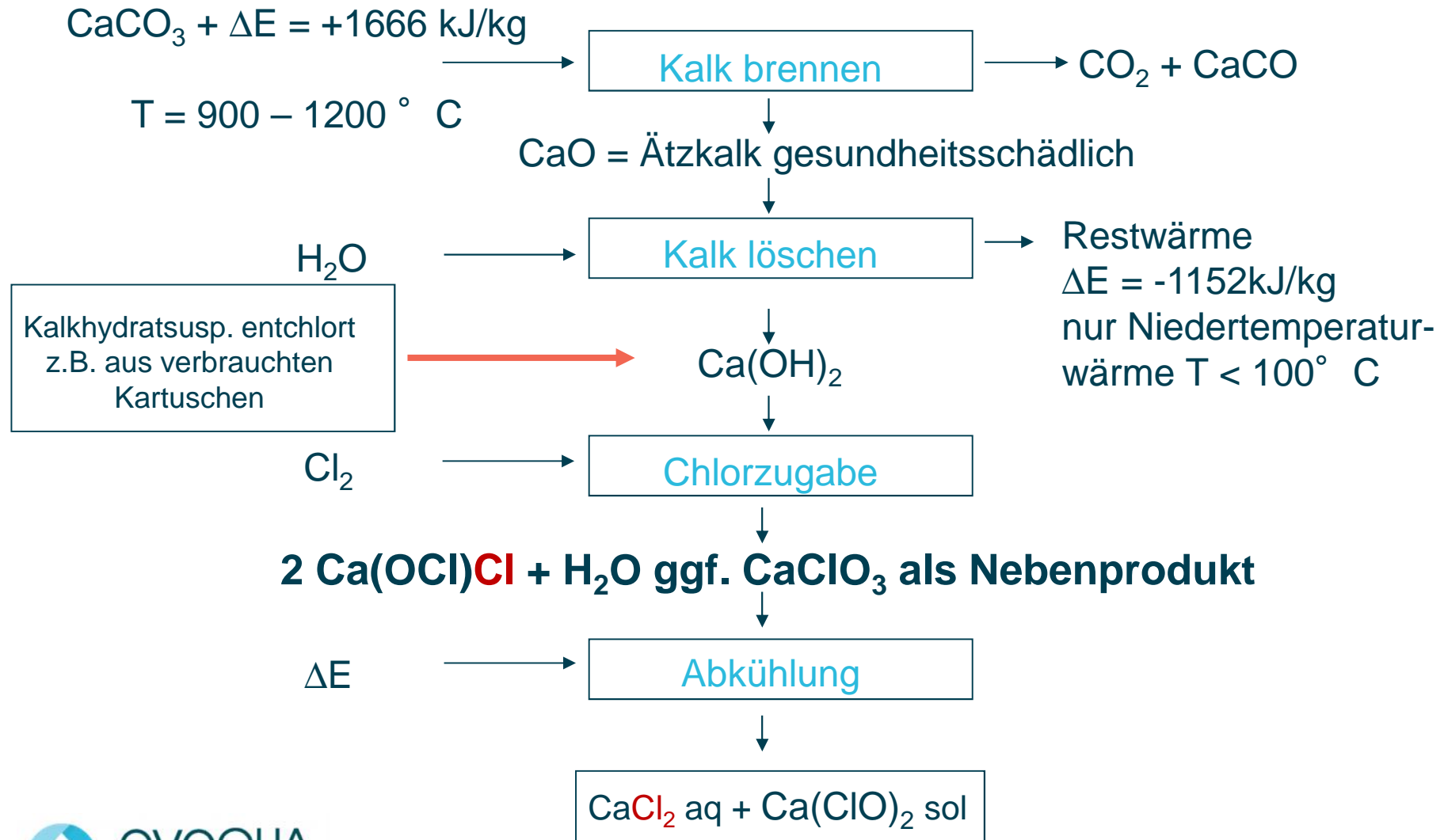


Löseanlage nach dem Einkammerverfahren
Ref. Prominent GmbH

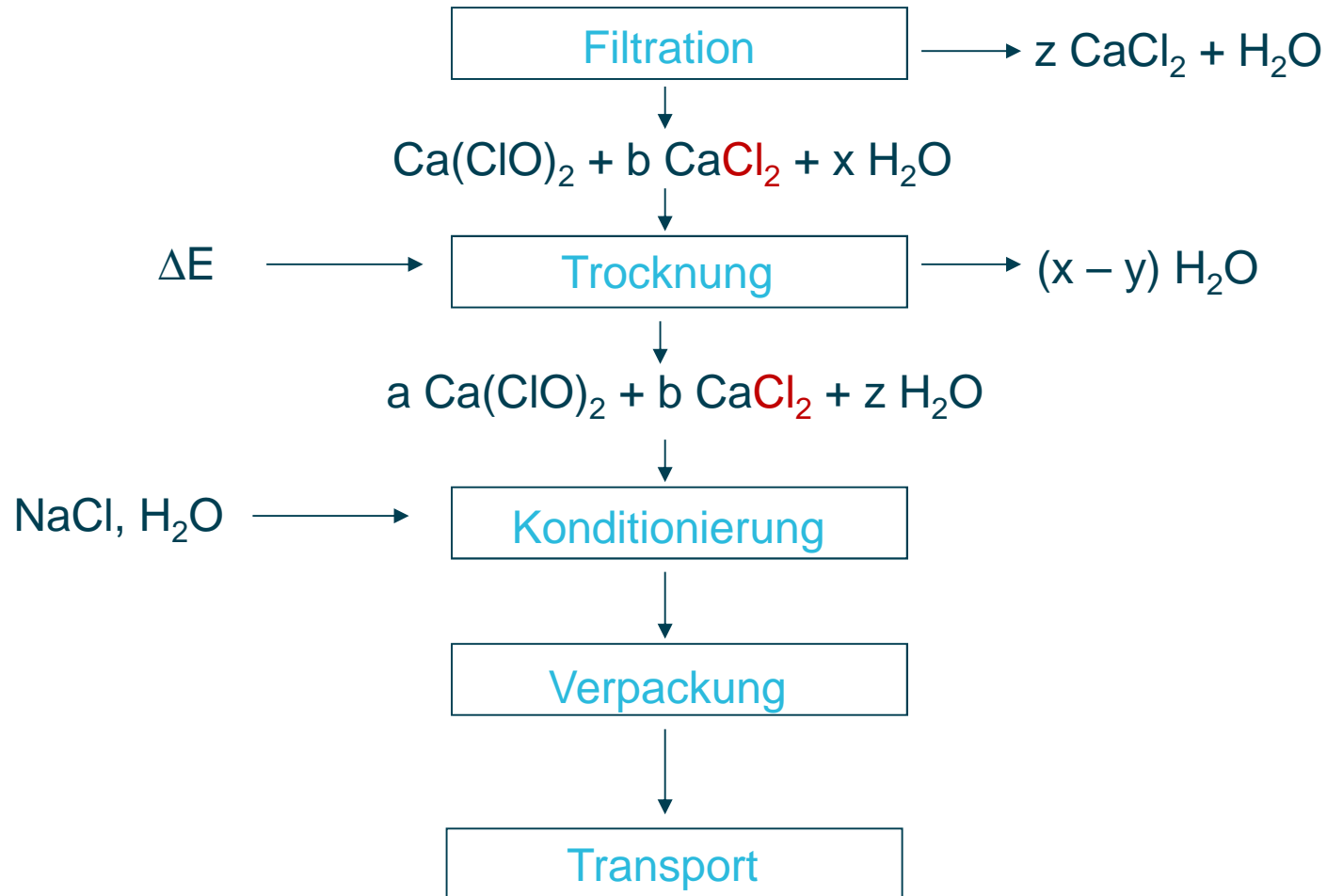
Mögliche Chloratquelle:

Granulat undefinierter Herkunft kann Produktionsbedingt Chlorat als Salz enthalten.

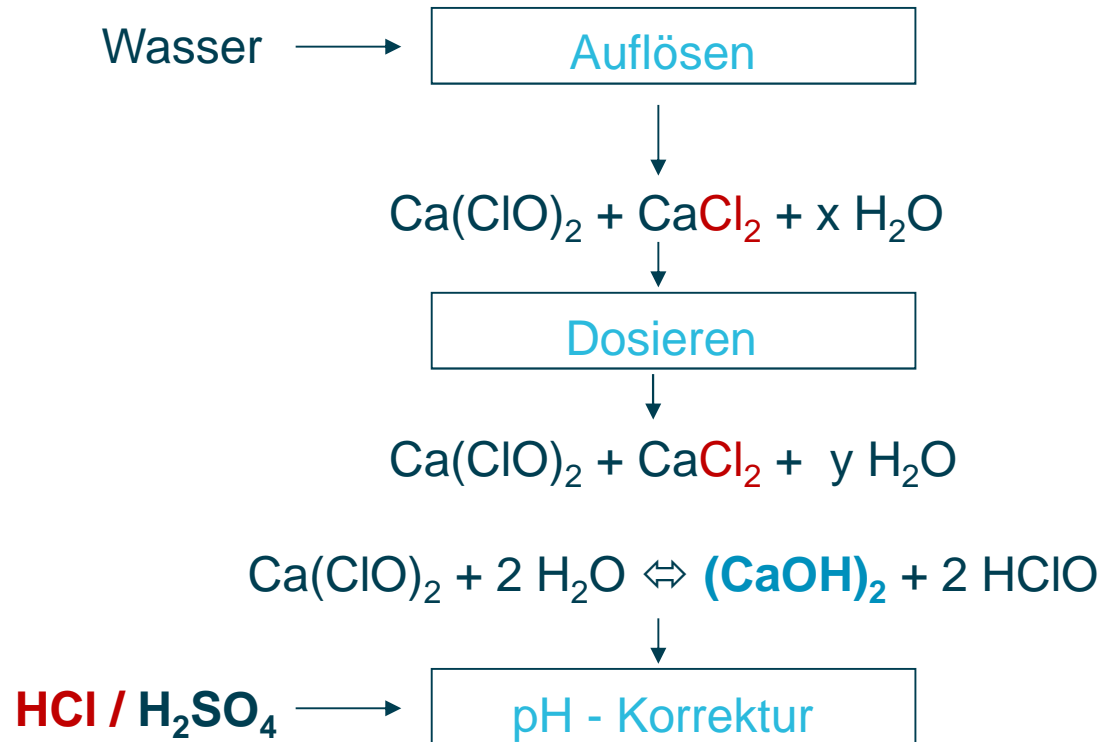
HERSTELLUNG VON CALCIUMHYPOCHLORIT - 1 -



HERSTELLUNG VON CALCIUMHYPOCHLORIT - 2 -



EINSATZ VON CALCIUMHYPOCHLORIT IM TRINKWASSER UND BAD - 3 -



Ref.: Hazardous cargo may have sparked ship's blaze, Melanie Gosling, Cape Times October 15, 2003

Calciumhypochlorit benötigt **12 Prozeßschritte** vom Kalksteinbruch bis zur Dosierung ins Schwimmbecken und die **zusätzlichen 7 Prozessschritte** für die Chlorgasherstellung.



IV. Chloratentstehung in handelsüblicher Chlorbleichlauge

QUALITÄT EINGESETZTER CHLORBLEICHLAUGEN

Bei der Schwimmbeckenwasseraufbereitung kommen verschiedene Chlorbleichlaugen zum Einsatz:

Handelsübliche Chlorbleichlauge $c = 12-14 \%$ 120-170 g/l Chlor pH => 12

Vor Ort elektrolytisch hergestellte Chlorbleichlauge aus der Membranzellenelektrolyse $c = 2-2,5 \%$ 20-25 g/l Chlor pH = 10,5

Vor Ort elektrolytisch hergestellte Chlorbleichlauge aus der membranlosen Kammerzellenelektrolyse $c = 0,2-0,8 \%$ 6-8 g/l Chlor pH = 9,5

Calciumhypochloritlösung bei Sättigung: $C_{\text{sättigung}} = 217 \text{ g/l} \times 0,65 = 140 \text{ g/l Chlor}$ pH = 11,5

Alle Bleichlaugen können Chlorat bereits im Produkt enthalten.

pH-Wert von Bleichlaugen

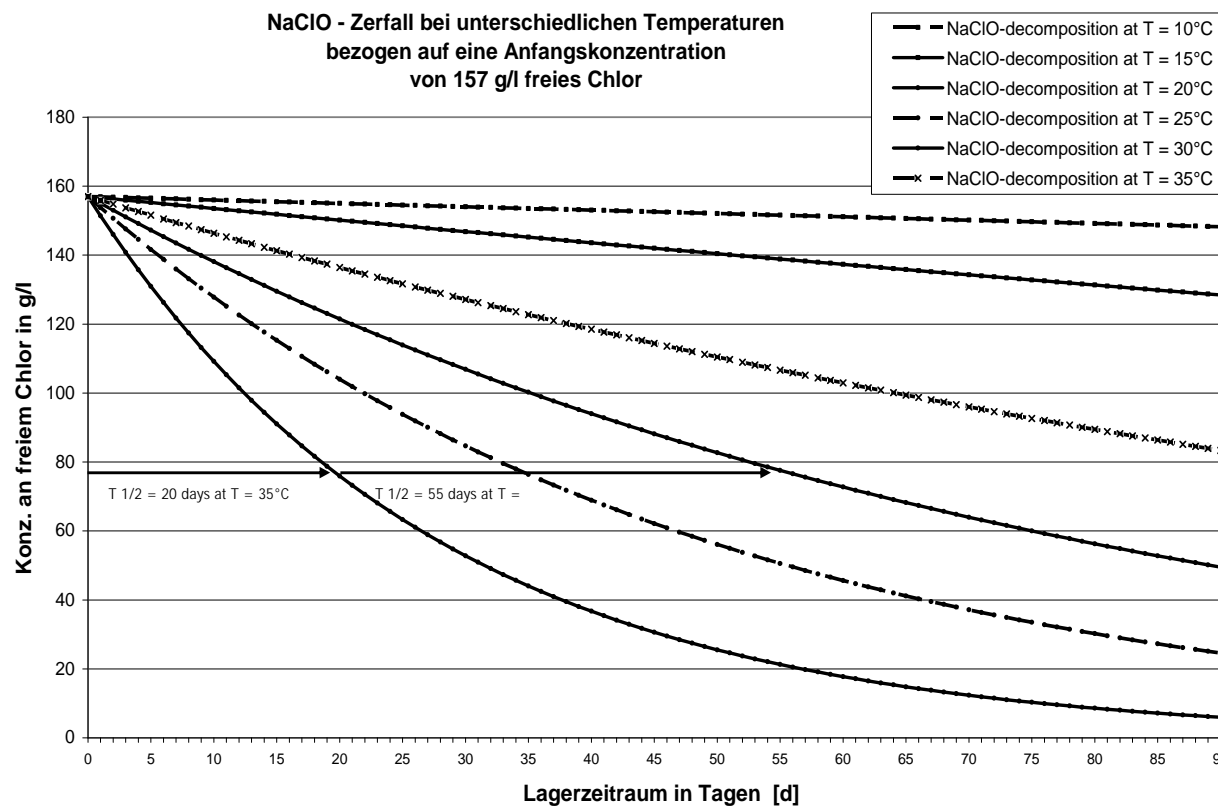
| Matrix der Chlorbleichlaugen | | | |
|------------------------------|--|---|---|
| Typ der Bleichlauge | NaClO handelsüblich | NaClO aus Membranelektrolyse | NaClO aus Rohrzellenelektrolyse |
| Herstellungsverfahren | Einleiten von Chlorgas in hoch konzentrierte Natronlauge | Vermischung von anodisch gebildetem Chlor mit kathodisch gebildeter Natronlauge | Vermischung von anodisch gebildetem Chlor mit kathodisch gebildeter Natronlauge |
| Chlorgehalt | 170 | 25 - 30 | 4 - 8 |
| pH-Wert | => 12,0 | 10,5 | 9,5 - 10 |

Kommerzielle Ware: Einleiten von Chlor in NaOH konz., Einstellung auf pH => 12 und $c_{\text{chlor}} \Rightarrow 170$ g/l damit gute Stabilität bei geeigneter Lagerung

Onsite erzeugtes Chlor: Einleiten von Chlor in kathodisch erzeugte Bleichlauge bei $9,0 < \text{pH} < 10,5$ (Angebot an NaOH ist begrenzt). Damit ist die Stabilität geringer, aber die Lagerdauer wird hierbei minimiert.

ENTSTEHUNG DES CHLORAT AUS DEM HYPOCHLORIT

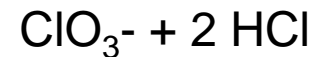
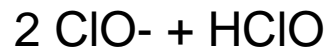
Chloratentstehung unter Einfluß erhöhter Temperaturen:



Die Lagertemperatur hat entscheidenden Einfluss auf die Haltbarkeit von NaClO !

EINFLUSS DES PH-WERT AUF DIE CHLORATBILDUNG:

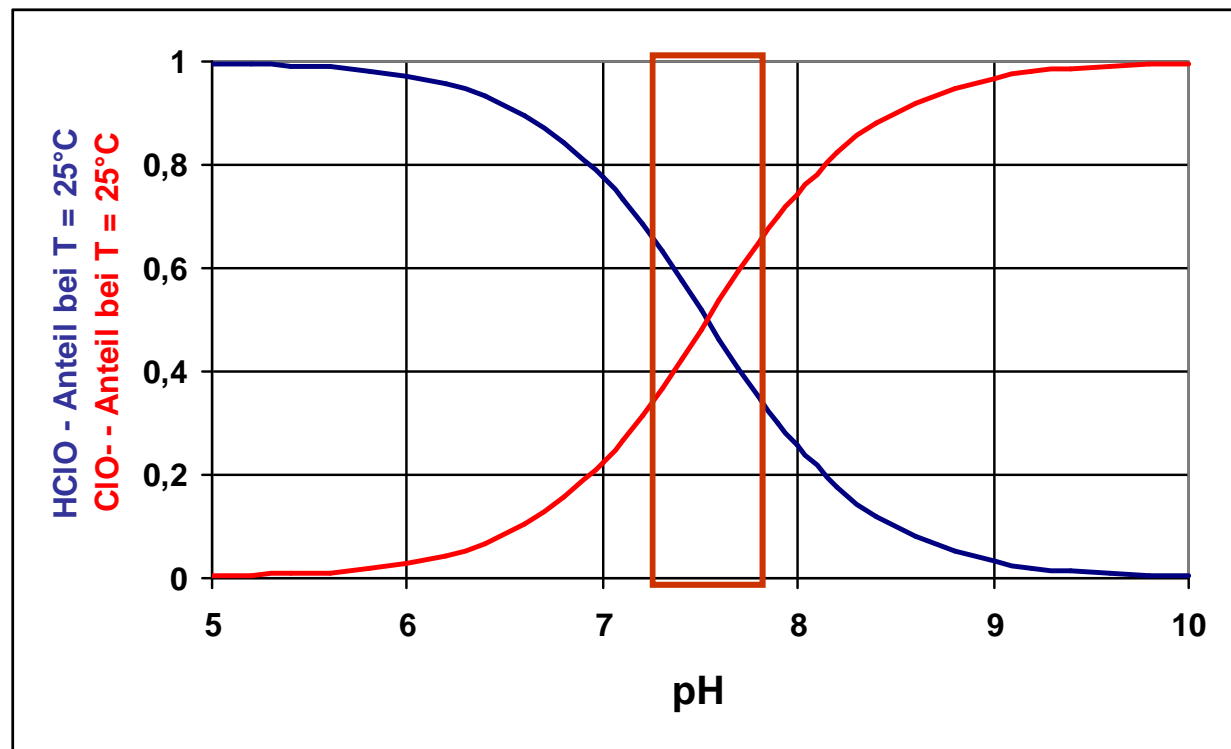
Chloratbildung wird besonders bei pH-Werten zwischen **7,3 – 7,8** beobachtet:



Hier liegen Hypochlorige Säure **HClO** und das Hypochloritanion **ClO⁻** im Gleichgewicht vor.

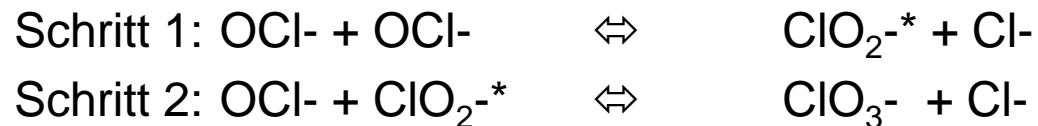
Zwischen $7,3 < \text{pH} < 7,8$ liegt Anteil jeder Komponente bei mind. 30%.

Je näher der pH von NaClO-Lösungen im neutralen pH Bereich, umso stärker ist dessen Zerfall.



ENTSTEHUNG DES CHLORAT AUS DEM HYPOCHLORIT BEI MITTLEREM PH-WERT:

Der Zerfall von Hypochlorit zum Chlorat ist ein mehrstufiger Prozess, bei dem das Chlorit nur als kurzlebiges Zwischenprodukt auftritt:



Handelsübliche Chlorbleichlauge wird stabilisiert durch den hohen pH-Wert der Lösungen pH => 12,0.

Vorort hergestellte Chlorbleichlauge hat einen geringeren pH-Wert und ist daher weniger stabil. Da die bevorratete Menge jedoch nur für einen Tagesbedarf bereitet wird, ist der Zerfall nur sehr gering und die Qualität entspricht DIN EN 901.

ZERFALL DES HYPOCHLORIT UNTER EINWIRKUNG VON SCHMUTZPARTIKELN UND UV - LICHT

Der Zerfall von Hypochlorit durch Schmutzpartikel kann in Vorratsbehältern an den Gasblasen erkannt werden.



Der Zerfall des Hypochlorit unter Sauerstoffabspaltung reduziert die Wirksamkeit der Bleichlauge und erhöht den Eintrag von Chloridionen und anderen Begleitstoffen.

Die Zersetzung der Chlorbleichlauge ist durch Vermeidung des Schmutzeintrags in den Vorratsbehälter, Dunkelheit und niedrige Temperatur zu minimieren.

VERBESSERUNG DER STABILITÄT HANDELSÜBLICHER CHLORBLEICHLAUGEN

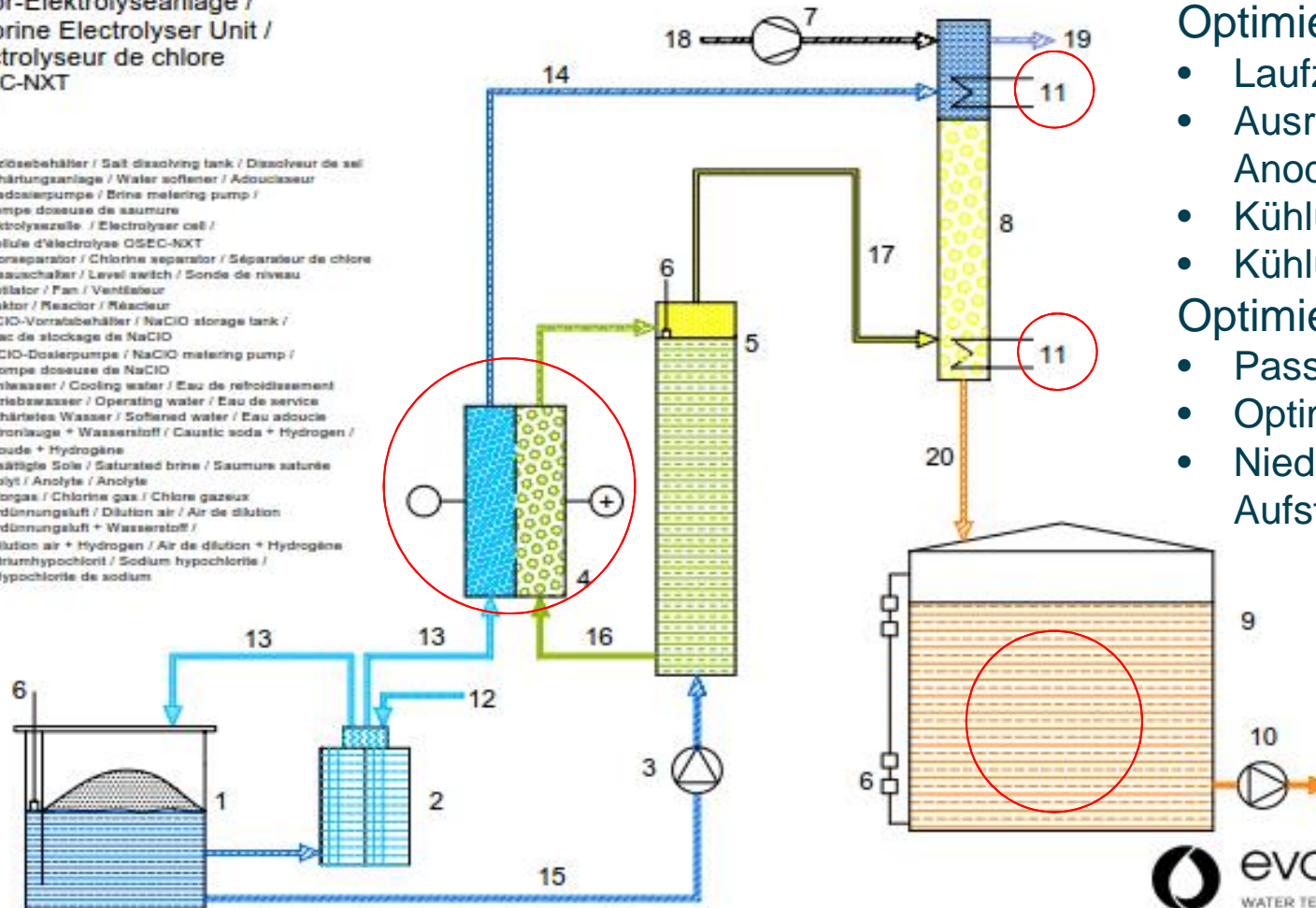
- nur in Dunkelheit und kühl lagern
- Lagerung vorzugsweise im Originalliefergebände
- Umfüllvorgänge zur Vermeidung des Schmutzeintrags vermeiden
- Vorratsbehälter vor Schmutzpartikeln schützen
- nur über kurze Zeiträume bevorraten
- Anstatt große Mengen zur Kostenersparnis auf Vorrat zu beschaffen, besser durch einen langfristig angelegten Liefer- und Wartungsvertrag mit dem Chemikalienhändler günstige Konditionen für stets frisch gelieferte Ware anstreben.

VI. Elektrolysesysteme und Chlorat

MEMBRANZELLENELEKTROLYSE TYP OSEC NXT 12 - 60

Chlor-Elektrolyseanlage /
Chlorine Electrolyser Unit /
Electrolyseur de chlore
OSEC-NXT

1. Salzbebehälter / Salt dissolving tank / Dissolveur de sel
2. Enthärtungsanlage / Water softener / Adoucisseur
3. Soledosierpumpe / Brine metering pump /
Pompe doseuse de saumure
4. Elektrolysezelle / Electrolyser cell /
Cellule d'électrolyse OSEC-NXT
5. Chlorseparator / Chlorine separator / Séparateur de chlore
6. Niveauschalter / Level switch / Sonde de niveau
7. Ventilator / Fan / Ventilateur
8. Reaktor / Reactor / Réacteur
9. NaClO-Vorratsbehälter / NaClO storage tank /
Bac de stockage de NaClO
10. NaClO-Dosierpumpe / NaClO metering pump /
Pompe doseuse de NaClO
11. Kühlerwasser / Cooling water / Eau de refroidissement
12. Betriebswasser / Operating water / Eau de service
13. Enthärtetes Wasser / Softened water / Eau adoucie
14. Natronlauge + Wasserstoff / Caustic soda + Hydrogen /
Soude + Hydrogène
15. Gesättigte Sole / Saturated brine / Saumure saturée
16. Anolyt / Anolyte / Anolyte
17. Chlorgas / Chlorine gas / Chlore gazeux
18. Verdünnungsluft / Dilution air / Air de dilution
19. Verdünnungsluft + Wasserstoff /
Dilution air + Hydrogen / Air de dilution + Hydrogène
20. Natriumhypochlorit / Sodium hypochlorite /
Hypochlorite de sodium



Optimierung OSEC

- Laufzeit
- Ausreichend Chlorid in Anodenraum
- Kühlung Kathodenablauf
- Kühlung Reaktorablauf

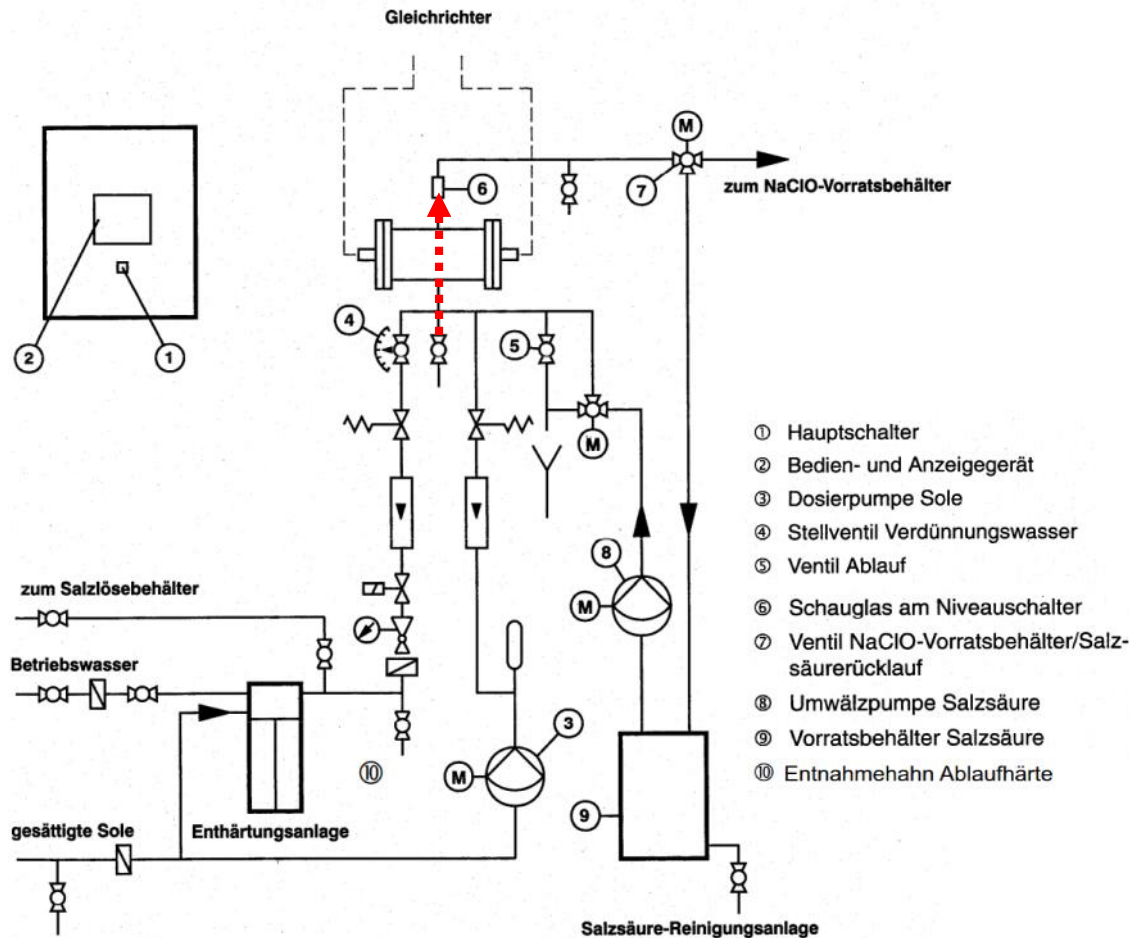
Optimierung Vorratstank

- Passende Größe
- Optimiertes Restvolumen
- Niedrige Temperatur im Aufstellraum



Verfahrensschema /
Flow Sheet / Schéma de principe
WT.085.135.000.IM.CN.0714

ROHRZELLENELEKTROLYSESYSTEM ZUR PRODUKTION VON NATRIUMHYPOCHLORITLÖSUNG (Z.B. OSEC-B®)



↑ Einmalige Durchströmung der Zelle, dadurch geringere Chloridumsetzung:

NaClO c = 0,6 %
pH = 9,5 - 10,0

Keine Membranverblockungen
Höhere Verfügbarkeit als Membranzellen

Sehr sichere und zuverlässige Technik

Keine Bevorratung des Gefahrstoff Chlor als Gas, Bleichlauge oder Granulat

STABILITÄT VON ELEKTROLYTISCH HERGESTELLTER CHLORBLEICHLAUGE

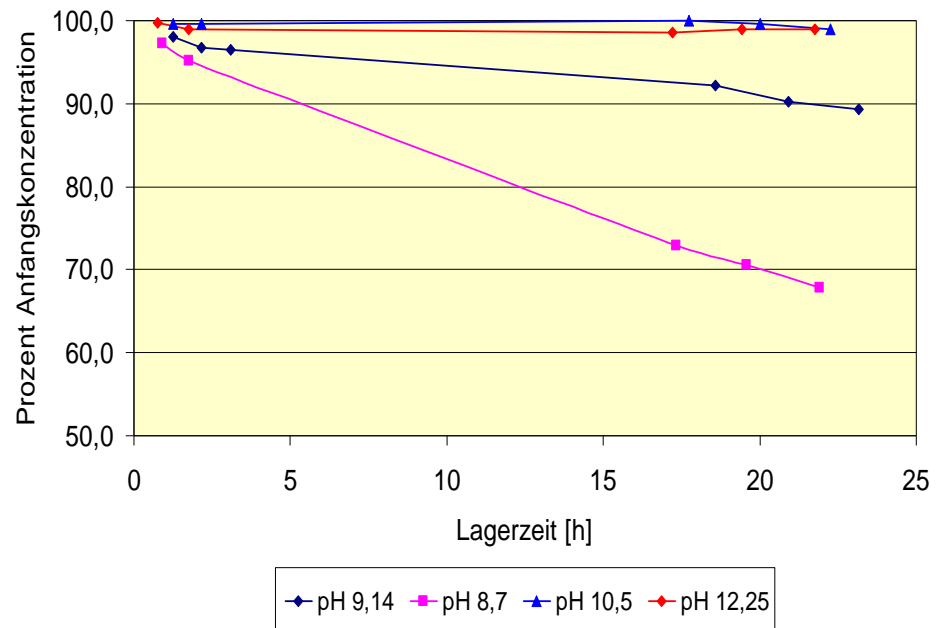
Versuch:

Elektrolytisch hergestellte Chlorbleichlauge wurde auf verschiedene pH-Werte eingestellt und die einzelnen Lösungen über 24 h auf den Chlorgehalt untersucht.

Ergebnis:

Je geringer der pH-Wert, umso höher ist der Verlust über die Zeit.

Bei einem pH-Wert von 10,5 und mehr hat das Produkt über die eintägige Lagerzeit einen Verlust im Bereich weniger Prozentpunkte.

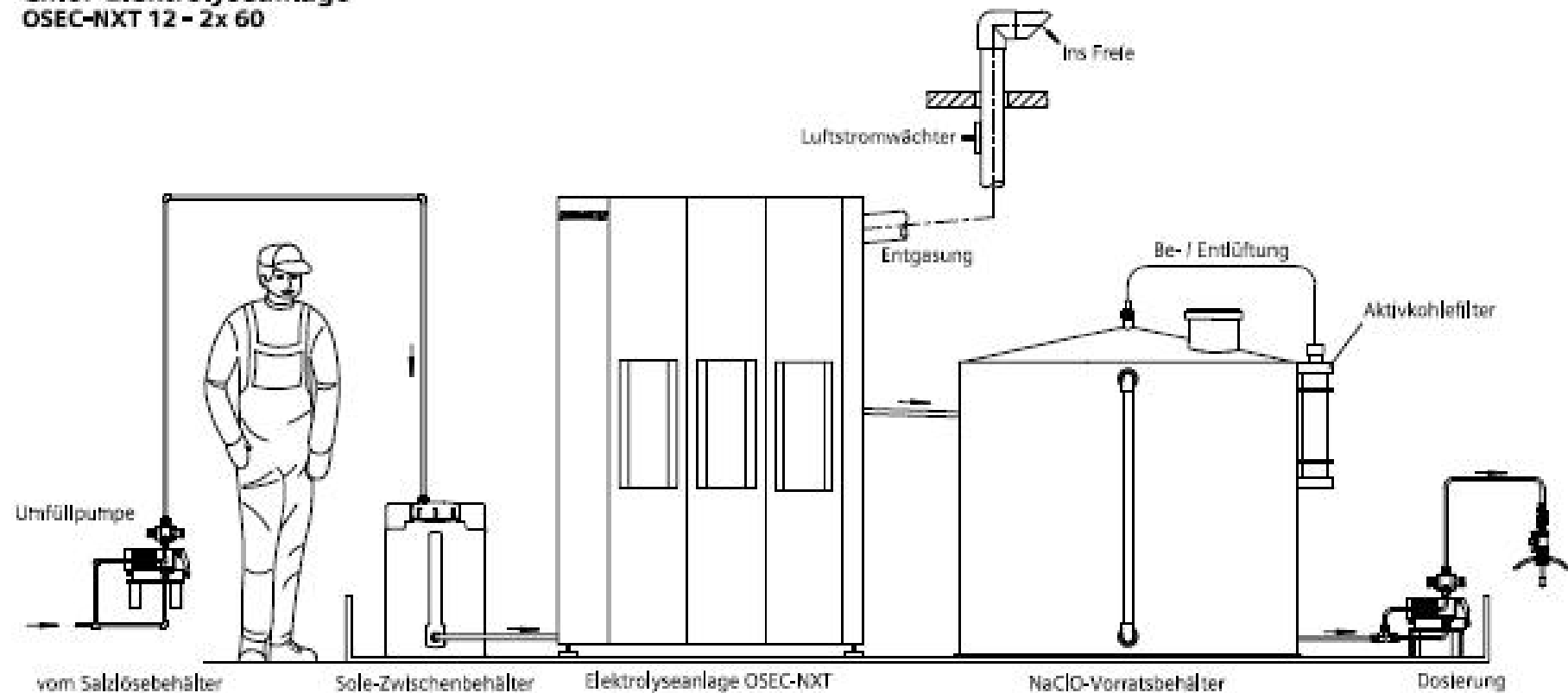


USF Wallace & Tiernan (2002): Abbau des Chlorgehaltes vor Ort hergestellter Chlorbleichlauge aus der Membranelektrolyse unter Einfluss der Lagerung bei unterschiedlichen pH-Werten ($T = 20^{\circ} \text{C}$).

Die bei niedrigem pH entstehenden Zerfallsprodukte sind im wesentlichen Chlorid Cl^- und Chlorat ClO_3^- .

KORREKTE INSTALLATIONSSCHEMA VON ELEKTROLYSEANLAGEN (BSP. OSEC NXT 12 – 60)

Chlor-Elektrolyseanlage OSEC-NXT 12 - 2x 60



VORTEILE VON ELEKTROLYSESYSTEMEN

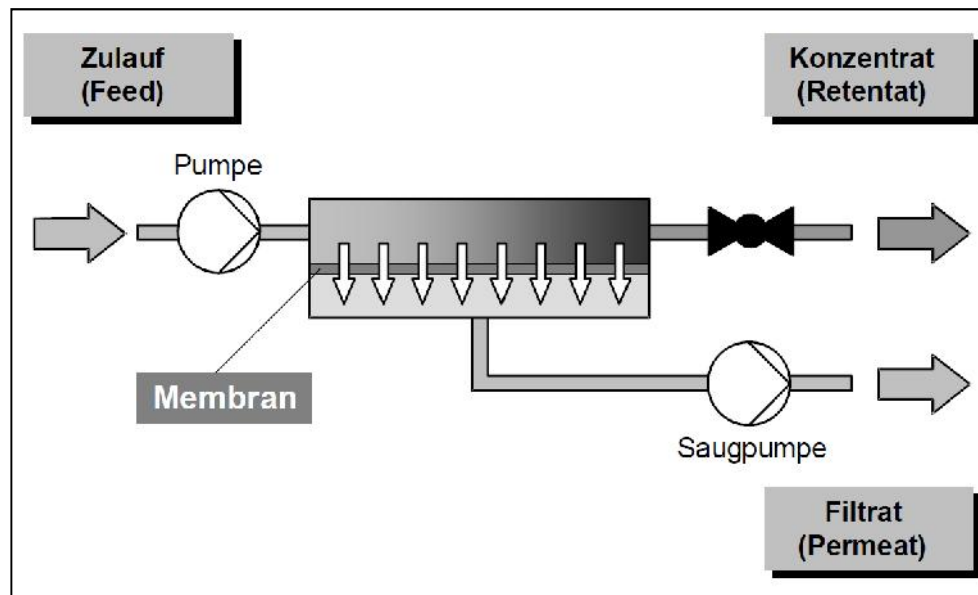
- +keine Bevorratung von Gefahrstoffen
- +langjährige Betriebserfahrungen
- +maximale Sicherheit für Personal und Badegäste
- +Langfristig wirtschaftlichstes Chlorungsverfahren
- +Keinerlei Transport von Gefahrstoffen
- +Chloratwerte nach DIN 19643 sicher einhaltbar
- +Zusatztechnologien zur Chloratreduzierung mittels NF und RO stehen zur Verfügung
- +hohe Qualifikation des Personals



VII. Technnologien zur Reduzierung von Chlorat – Nanofiltration NF und Umkehrosmose UO

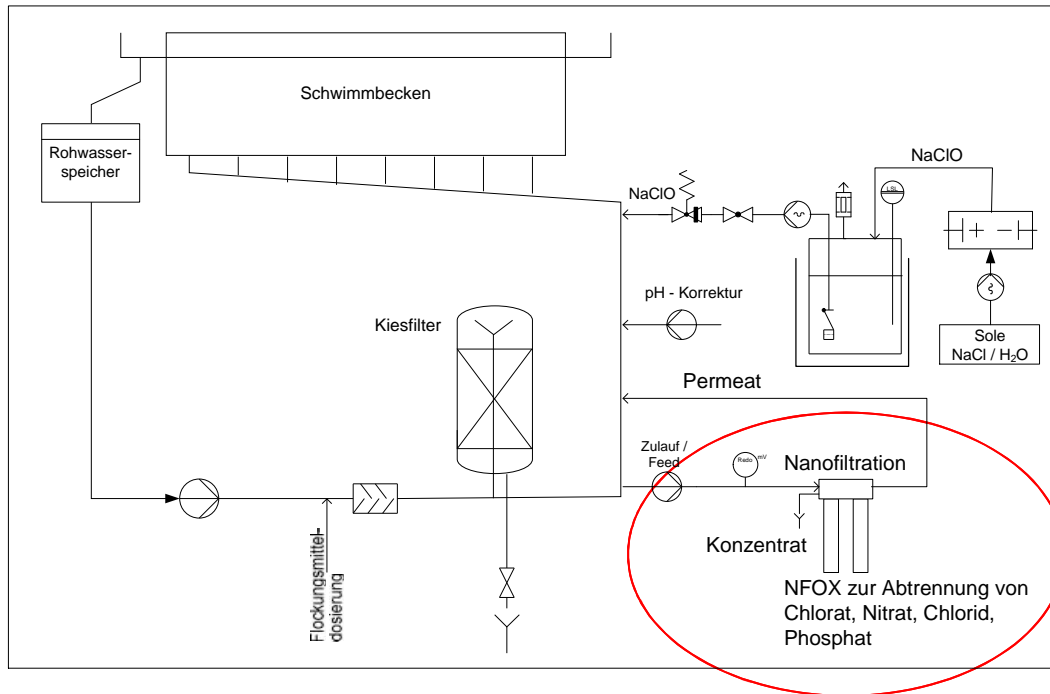
GRUNDLAGEN UMKEHROSMOSE / NANOFILTRATION

Begriffe und Verfahrensprinzip



Durch das Anlegen eines hohen Druckes auf der Zulaufseite (Feed) wird der Rohwasserstrom durch die **Lösungsdiffusionsmembran** in ein Konzentrat (Retentat) und einen Filtratstrom (Permeat) aufgeteilt.

BECKENKREISLAUF MIT UMKEHROSMOSE UO BZW. NANOFILTRATION (NFOX®)



Nanofiltration entfernt ein- und zweiwertige Ionen teilweise.

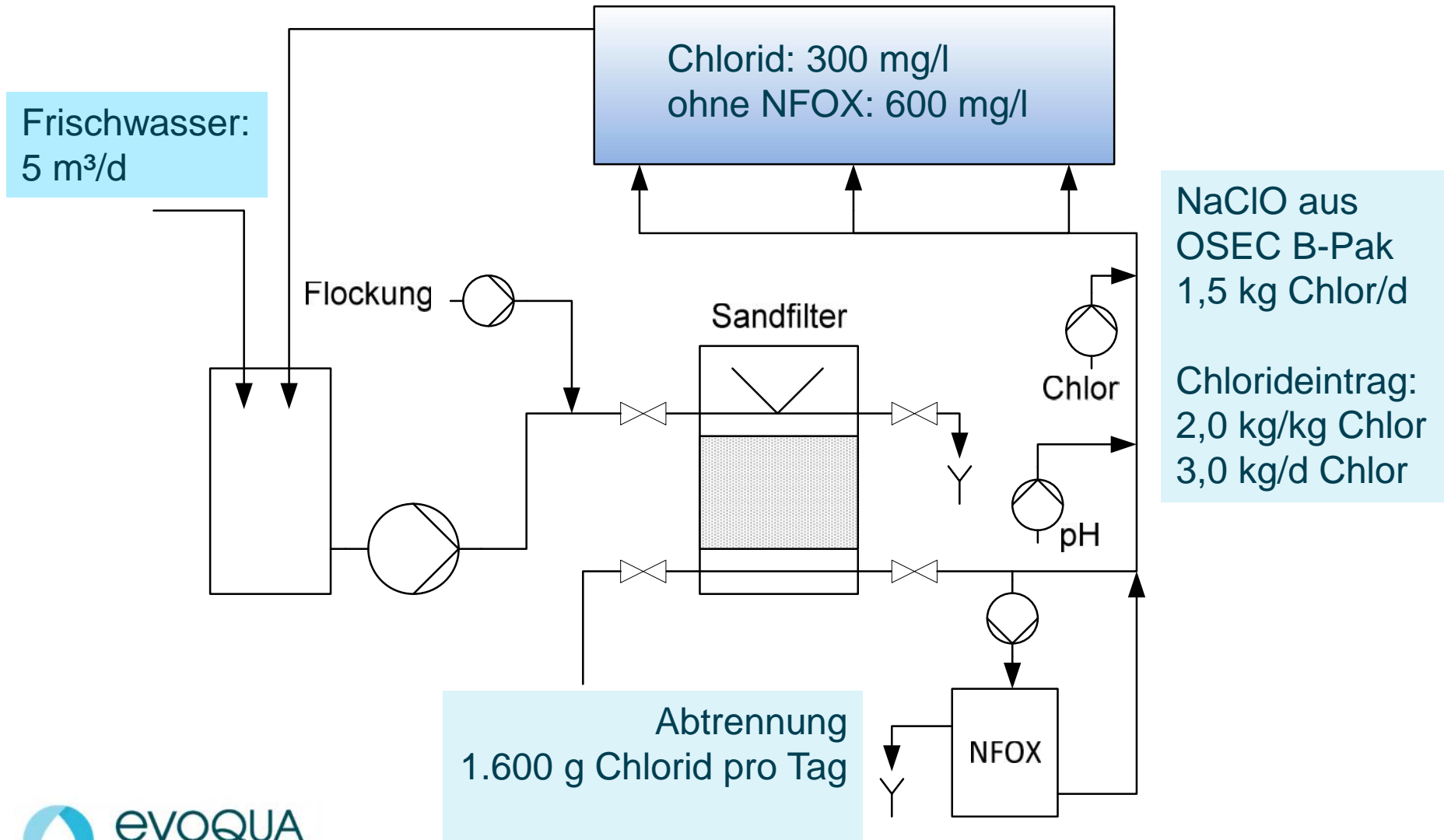
Permanentbetrieb mit geringem Volumenstrom erlaubt die Entfernung der im Betrieb gebildeten Nebenprodukte.

NF-Membranen sind chlorbeständig.

Reinigung im Crossflow-Betrieb. Mehrere Einheiten sind kombinierbar

Konzentratstrom kann noch zur Filterspülung genutzt werden.

Nanofiltration IN KOMBINATION MIT EINER UNGETEILTEN ELEKTROLYSE-ANLAGE



Nanofiltrration (NFOX®) STATT FRISCHWASSER

Abtrennleistung im Feldtest

Chlorid: - 1.600 g/d

Chlorat: - 50 g/d

Cl-N: - 2,1 g/d

Abtrennleistung ist abhängig von der Konzentration im Feedstrom

Die Nanofiltrration ermöglicht den Einsatz der sicheren und wartungsarmen Kammerzellenelektrolyse im Süßwasserkreislauf.



BECKENKREISLAUF MIT NANOFILTRATION (NFOX®)

Technische Daten:

Feed-/Zulaufstrom je Modul = 500 l/h

Konzentrat 100 l/h

Permeat 400 l/h

Rückhaltevermögen Chlorid und Chlorat jeweils ca. 50 %



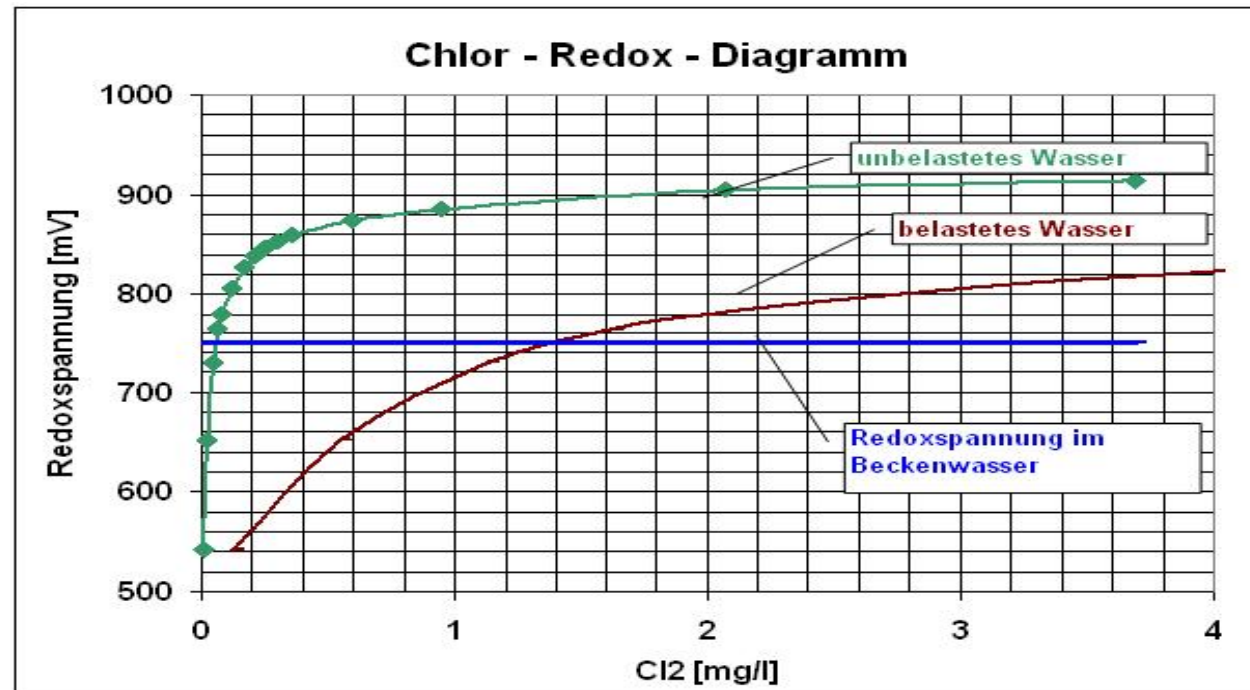
VIII. Verbesserungen im Badbetrieb

Maßnahmen zur Vermeidung der Chloratbildung in Schwimmbeckenwasser

- pH-Sollwert in den Becken reduzieren – Einstellung auf ca. 7,0 damit mehr wirksames Chlor bzw. Aktivchlor HClO.
- Jedes Becken soweit möglich mit eigener MSR-Technik betreiben und regeln (Überdosierung im schwächer belasteten Becken vermeiden)
- Die Beckenwassertemperatur so niedrig wie möglich halten (weniger Keimwachstum, weniger Chlorbedarf)
- Motivation der Badegäste zur Benutzung der Duschen vor Eintauchen ins Becken (Reduzierung Chlorverbrauch 10 – 30 %)
- Chlorsollwert soweit als möglich minimieren.
Bei Einsatz von DEPOLOX® Pool – MSR-Technik den serienmäßigen CEDOX-Modus verwenden (Reduzierung Chlorverbrauch 20 – 40 %).

Effektiver Chloreinsatz CEDOX-Prinzip

In einem unbelasteten Wasser wird ein vielfach geringerer Chlorgehalt benötigt, um die gleiche Redoxspannung und damit Keimabtötungsgeschwindigkeit aufrecht zu erhalten.



In einem gering belasteten Wasser kann der Chlorsollwert bis auf 0,3 g/m³ reduziert werden, ohne die Redoxspannung wesentlich herabzusetzen. CEDOX ist besonders effektiv im Teillastbetrieb.

Maßnahmen zur Reduzierung des Chlorverbrauchs durch eine gute Bäderpraxis GBP

- **Filtermaterial sorgfältig spülen** und zur Unterstützung Chlordioxid einsetzen, damit weniger Keimwachstum und weniger Chlorzehrung im Filter.
- Frischwasserzusatz nach DIN 19643 gewährleisten.
- **Rohwasserspeicher regelmäßig reinigen.** Ablagerungen führen zur Chlorzehrung und Bildung von Nebenprodukten
- **Optimierung der Flockungsfiltration** u.a. durch regelmäßige Kontrolle der Säurekapazität **nach Zugabe von Flockungsmittel vor dem Filter.**
Durch gute Flockungsbedingungen werden kompakte, gut filtrierbare Flocken gebildet, die sich bei der Spülung gut abtrennen lassen.

Freies Chlor ist - egal aus welchem Einsatzstoff - im Beckenwasser ein wertvoller Rohstoff, mit dem sparsam umzugehen ist.

XI. Zusammenfassung

- Weniger Chlorbedarf bedeutet weniger gebundenes Chlor und weniger Chlorat im Beckenwasser
- Bei Einsatz des Spülwasserrecycling werden Ionen wie Chlorat in den Beckenkreislauf zurückgeführt. Eine Spülwasserrückführung ist nur in Zusammenhang mit einer Entsalzung durch UO / NF effektiv.
- Ein niedriger Chloratwert ist ein Indikator für gute Bäderpraxis
- Die Elektrolyse ist aus Sicht der Arbeits- und Anlagensicherheit sowie aus Umweltschutzgründen und der Sicherheit für die Personal und Gäste das sicherste Chlorungsverfahren im Schwimmbad.
- Mit der Nanofiltration / Umkehrosmose im Beckenkreislauf wird die robuste Rohr- oder Kammerzellenelektrolyse für das öffentliche Bad interessanter.

IX. Zusammenfassung

- Alle Chlorungsverfahren tragen zur Chloratbildung bei
- Alle Verfahren mit Einsatz von Hypochloritlösungen bedürfen einer Minimierung des Lösungsvorrats und Optimierung der Lagerzeit
- Die Aufstellung der Bereitungssysteme und besonders der Vorratsbehälter in kühler Umgebung (vgl. Regel für Bäder R107_001, DIN 19643) sind anzustreben.
- Lichteinfall und Schmutzeintrag in Bleichlaugen sind zu vermeiden.
- Granulat ist kühl und trocken, getrennt von brennbaren Stoffen und bei Mengen $m > 50$ kg in eigenständigen Räumen getrennt vom Publikumsbereich zu lagern
- Alle Maßnahmen zur Motivation der Badegäste zu guter Körperhygiene vor Beginn des Badespass sind ein Gewinn für die Beckenwasserqualität.

Weitere Literaturquellen

- | | |
|-----------------------------|---|
| White (1985): | Handbook of Chlorination |
| Adrian Beard et al. (1993): | Das Wasserbuch, Hrsg.: Katalyse e.V. |
| Höll, Karl (2002): | Wasser, Nutzung im Kreislauf ..., 8. Aufl. |
| Holleman, Wiberg (2007): | Lehrbuch der Anorganischen Chemie, 102. Aufl. |

Kontakt

Evoqua Water Technologies GmbH
Dipl.-Ing.
Auf der Weide 10
89312 Günzburg

Phone: +49 (0) 8221 / 904-0

Fax: +49 (0) 8221 / 904-203

E-mail: wtger@evoqua.com

Web: www.evoqua.de



VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT