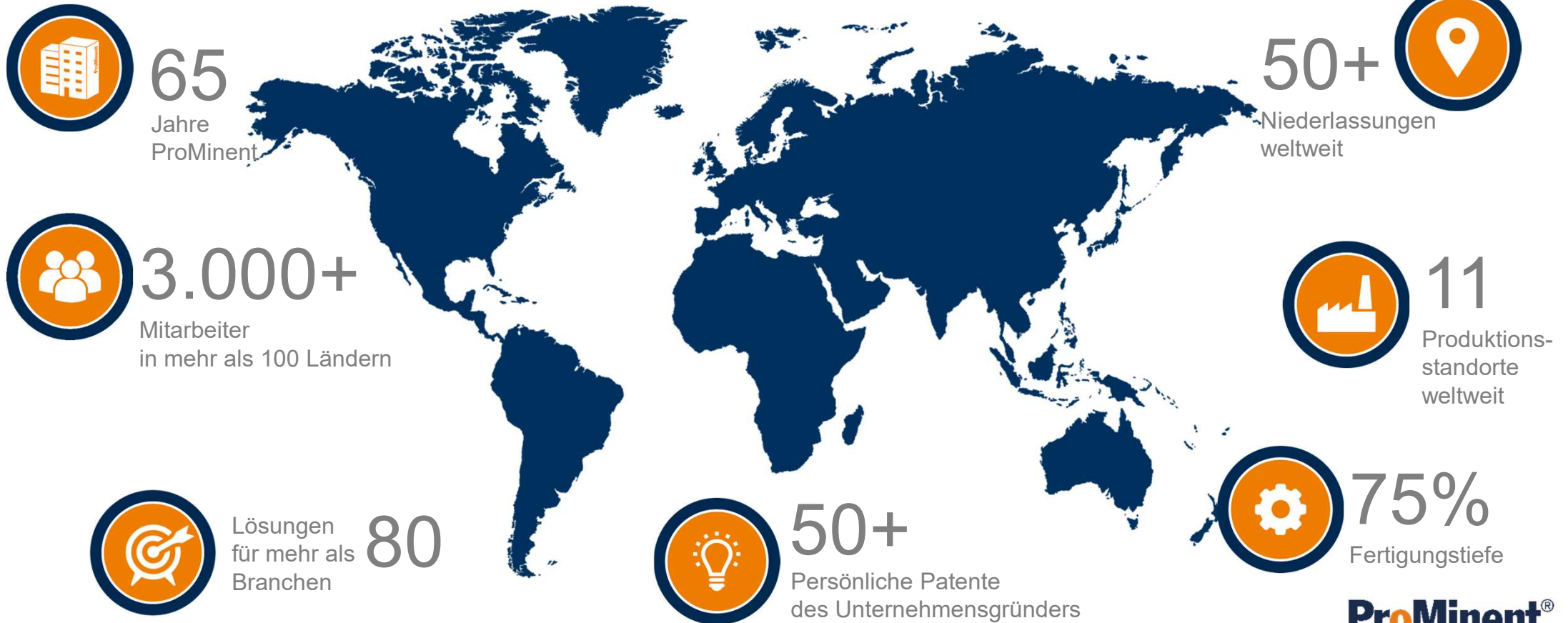


ELEKTROLYSEANLAGEN UND DESINFEKTION MITTELS FRISCH PRODUZIERTEN CHLORS

VHF-Managementtagung, 18./19.09.2025, Kreuzlingen
Nardin, Daniele / Wüst, Mathias



PROMINENT GRUPPE AUF EINEN BLICK



ProMinent®

PROMINENT SCHWEIZ: 55 JAHRE PRÄSENZ AM MARKT



PROMINENT SCHWEIZ: GESCHÄFTSARTEN



ProMinent Schweiz

Produkte & Systeme



Pumpen (ND,MD,HD)
Sensoren, Regler
Desinfektionssysteme

Projekte



Anlagenbau
Branchenlösungen
Kundenlösungen

Service



Inspektion / Instandhaltung
Trainings
Reparaturen

INDUSTRY DEVELOPMENT - SEGMENTE



Wasseraufbereitung

Chemikalienhändler

Kommunale
Trinkwasserversorgung

Wasseraufbereitungs-
unternehmen

Pool & Wellness

Schiffsbau

Papierindustrie

Kommunale
Abwasseraufbereitung



Energie- & Prozess- technologie

Chemische Industrie

Petrochemie

Gas- und Ölindustrie

Energieerzeuger

Elektrochemie

Eisen- und Stahlindustrie

Textilindustrie

Bergbau



Pharma / Lebensmittel & Getränke

Getränkeindustrie

Lebensmittelindustrie

Pharma & Kosmetik



Sonstige

Weitere Marktsegmente

AGENDA

- **Begriffe & Definitionen**
- **Warum Elektrolyse?**
- **Grundlagen zur Elektrolyse**
- **Typen von Elektrolyseanlagen**
- **Vorstellung der Chlorinsitu®-V als eine mögliche In-situ Elektrolyseanlage (In-Situ Produktion von Chlor zur Desinfektion)**
 - **Technik, Anwendungen, Wartung**
 - **Bilder von Installationen**

BEGRIFFE & DEFINITIONEN

- **In – Line:** Inline bedeutet, dass ein Prozessschritt in der Produktionslinie stattfindet.
- **In – Situ:** die Herstellung einer (meist sehr reaktiven) Ausgangsverbindung und deren unmittelbare Weiterverwendung im selben Reaktionsgefäß (Quelle: Wikipedia)
- **Elektrolyse:** Elektrolyse nennt man einen elektrochemischen Prozess, bei dem elektrischer Strom eine Redoxreaktion erzwingt. Beispiele wichtiger Elektrolysen sind die Gewinnung von Wasserstoff, Aluminium, Chlor und Natronlauge.
- **Chlor:** chemisches Element, Gruppe Halogene. Zweiatomiges Molekül Cl_2 gasförmig vor. Es ist eines der reaktivsten Elemente und reagiert mit fast allen anderen Elementen und vielen Verbindungen.
 - **Hypochlorige Säure (HClO)**
 - Hypochlorige Säure ist eine farblose und nur schwach dissoziierende Säure mit oxidativer Wirkung. Die Salze der hypochlorigen Säure sind die Hypochlorite.
 - **Hypochlorite (OCl^-):**
 - Die Hauptformen des Chlors in Javelwasser, das in Wasser gelöst wird, sind Hypochlorit-Ionen (OCl^-) und Hypochlorige Säure (HClO).

BEGRIFFE & DEFINITIONEN – NORM SIA 385/9

8.8 Desinfektion

8.8.1 Grundlagen

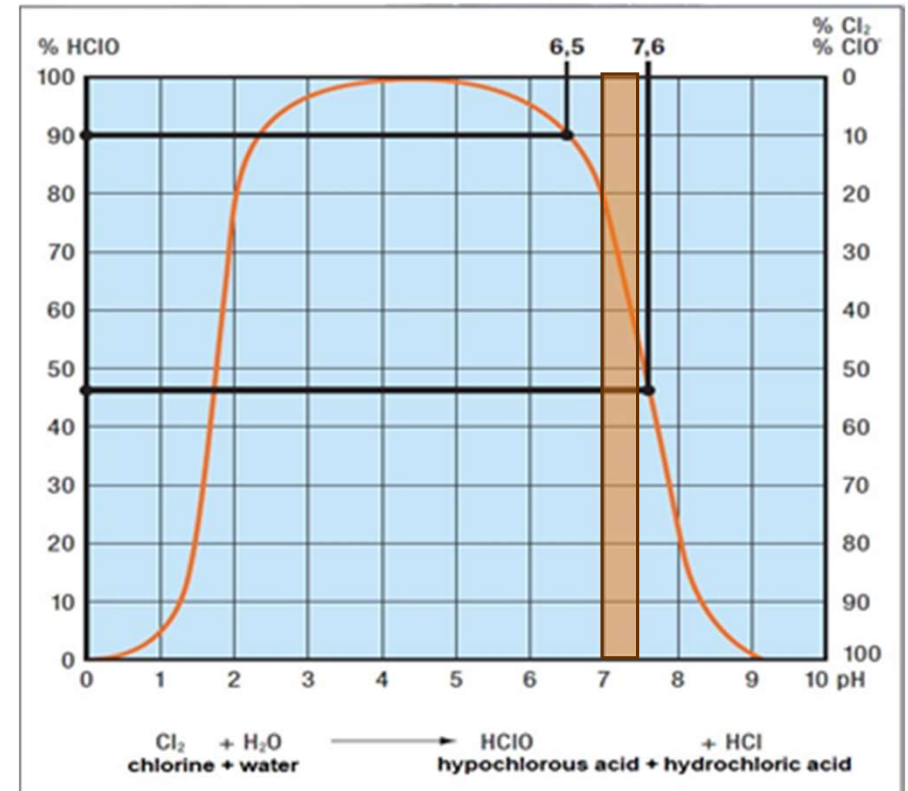
- 8.8.1.1 Das Messwasser ist an einer repräsentativen Stelle 20 bis 30 cm unterhalb der Wasseroberfläche aus jedem Schwimm- und Badebecken zu entnehmen und dem Messfühler auf kürzestem Weg zuzuführen. Die notwendige Reaktionsgeschwindigkeit bestimmt die maximal tolerierbare Zeitverzögerung durch den Messwassertransport.
- 8.8.1.2 Die Dosierregelanlage muss den Sollwert (Richtwert gemäss Tabelle 1) mit einer maximalen Abweichung von $\pm 20\%$ einhalten.
- 8.8.1.3 Das Ziel der Badewasserdesinfektion besteht in der Gewährleistung einer jederzeit und an jeder Stelle des Beckens einwandfreien hygienischen Wasserqualität, so dass die in Tabelle 1 definierten Anforderungen erfüllt werden.
- 8.8.1.4 Für die Desinfektion wird eine Keimtötung an *Pseudomonas aeruginosa* von 4 Zehnerpotenzen innerhalb von 30 Sekunden gefordert. Um die Wirksamkeit des Desinfektionsmittels im Badewasser nachzuweisen, sind aktuelle Normen zu benutzen (z. B. SN EN 1040).
- 8.8.1.5 Alle für Badewasser verwendeten Desinfektionsmittel müssen nach der Biozidprodukteverordnung [7] vom Bundesamt für Gesundheit zugelassen sein.
- 8.8.1.6 Nach den heutigen Erkenntnissen und Erfahrungen entspricht Chlor, als hypochlorige Säure, dem optimal wirkenden Desinfektions- und Oxidationsmittel weitgehend. Die Bildung der hypochlorigen Säure ist vom pH-Wert abhängig. Mit steigendem pH-Wert entsteht ein zunehmender Anteil von Hypochlorit-Ionen (ClO^-), welche weniger wirksam sind und höhere Zugabemengen erfordern.
- 8.8.1.7 Voraussetzung für eine gute Wirkung ist eine nach dem Chlorüberschuss automatisch geregelte, bedarfsabhängige Dosierung, bei gleichzeitiger kontinuierlicher Messung und Regelung des pH-Wertes im Badewasser.

BEGRIFFE & DEFINITIONEN – NORM SIA 385/9

- 8.8.1.6 Nach den heutigen Erkenntnissen und Erfahrungen entspricht Chlor, als hypochlorige Säure, dem optimal wirkenden Desinfektions- und Oxidationsmittel weitgehend. Die Bildung der hypochlorigen Säure ist vom pH-Wert abhängig. Mit steigendem pH-Wert entsteht ein zunehmender Anteil von Hypochlorit-Ionen (ClO^-), welche weniger wirksam sind und höhere Zugabemengen erfordern.

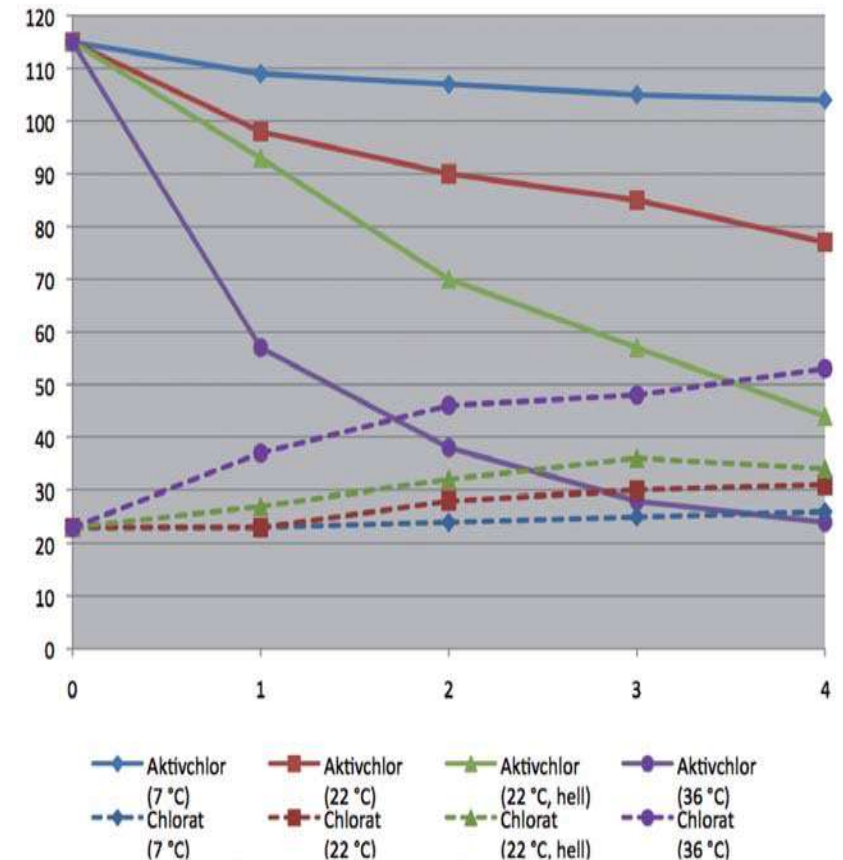
BEGRIFFE & DEFINITIONEN – NORM SIA 385/9

- **Hypochlorige Säure (HClO)**
 - Hypochlorige Säure ist eine farblose und nur schwach dissoziierende Säure mit oxidativer Wirkung. Die Salze der hypochlorigen Säure sind die Hypochlorite.
- **Hypochlorite (OCl⁻):**
 - Die Hauptformen des Chlors in Javelwasser, das in Wasser gelöst wird, sind Hypochlorit-Ionen (OCl⁻) und Hypochlorige Säure (HClO).
- SIA-Norm: pH 7.0-7.4



THEMA CHLORAT – LANGE BEKANNT – SORGENKIND?

- Als **Chlorgas** noch eingesetzt wurde, war **Chlorat** kaum ein Thema...gute alte Zeiten?
- **Chlorat** (SIA <4 mg/l; Toleranzwert 10 mg/l; EDI TBDV <10 mg/l) bildet sich durch Abbau von wässrigen Hypochloritlösungen (Javel, Calciumhypochlorit, etc.), ca. 10% Aktivchlor / Monat, bei 20°C (SIA), bei 30°C ca. 40% pro Monat
- Zunehmende Chlorat-Bildung durch:
 - **Höhere Lagertemperaturen**
 - **Lange Lagerzeiten der Flüssigkeiten**
 - **Einfluss von UV-Einstrahlung**
- Gemäss DIN 901: Die Norm legt fest, dass der Gehalt an Chlorat in Natriumhypochloritlösungen höchstens 5,4 % bezogen auf den Gehalt an freiem Chlor betragen darf.



WARUM CHLORELEKTROLYSE? ERSTES FAZIT

1. Eigentlich ist Chlorgas ideal, aber nicht mehr 'erwünscht' (in der Schweiz)
 2. Hypochlorige Säure (HClO) ist nach Chlor das zweit-effizienteste Desinfektant, aber nicht als Lösung erhältlich
 3. Hypochlorit (ClO⁻)-Lösungen sind einfach erhältlich, aber weniger effizient
 4. Der Chlorat-Eintrag soll so gering wie möglich gehalten werden!
-
- **Fazit: Wir stellen das effizient wirkende Desinfektionsmittel selbst her, idealerweise als Chlor(gas)**
 - **Wie? → Elektrolyse als Technologie der Wahl**

WARUM CHLORELEKTROLYSE? ZIELSETZUNGEN

- **Desinfektion**

- Breiter Anwendungsbereich
- Vor Ort generierte frische Lösungen
- Geringer bis keinen Abbau zu Nebenprodukten

- **Nebenprodukte**

- Niedrigere Chlorid- und **Chloratwerte**
- Weniger Verunreinigungen, die die Wasser- und Umgebungsqualität beeinträchtigen, wie Geschmack und Geruch (THM)
- Weniger Desinfektionsmittel zur Aufrechterhaltung des Restchlorgehalts

WARUM CHLORELEKTROLYSE? ZIELSETZUNGEN

■ **Sicherheit**

- Benötigt nur Salz, Wasser und Strom
- Keine Vermischung von Chemikalien möglich
- Keine spezielle Sicherheits-Ausrüstung und Schulung für die Sicherheit der Mitarbeiter
- Geringere Probleme mit der Gebäudetechnik und Korrosion in der Umgebung
- Keine gefährlichen Materialien zu transportieren oder zu lagern

■ **Zuverlässigkeit**

- Die vollautomatische Einheit erfordert nur minimale Schulung
- Unterstützung mittels Fernwartungsmodul aus der Ferne

GRUNDLAGEN ZUR ELEKTROLYSE

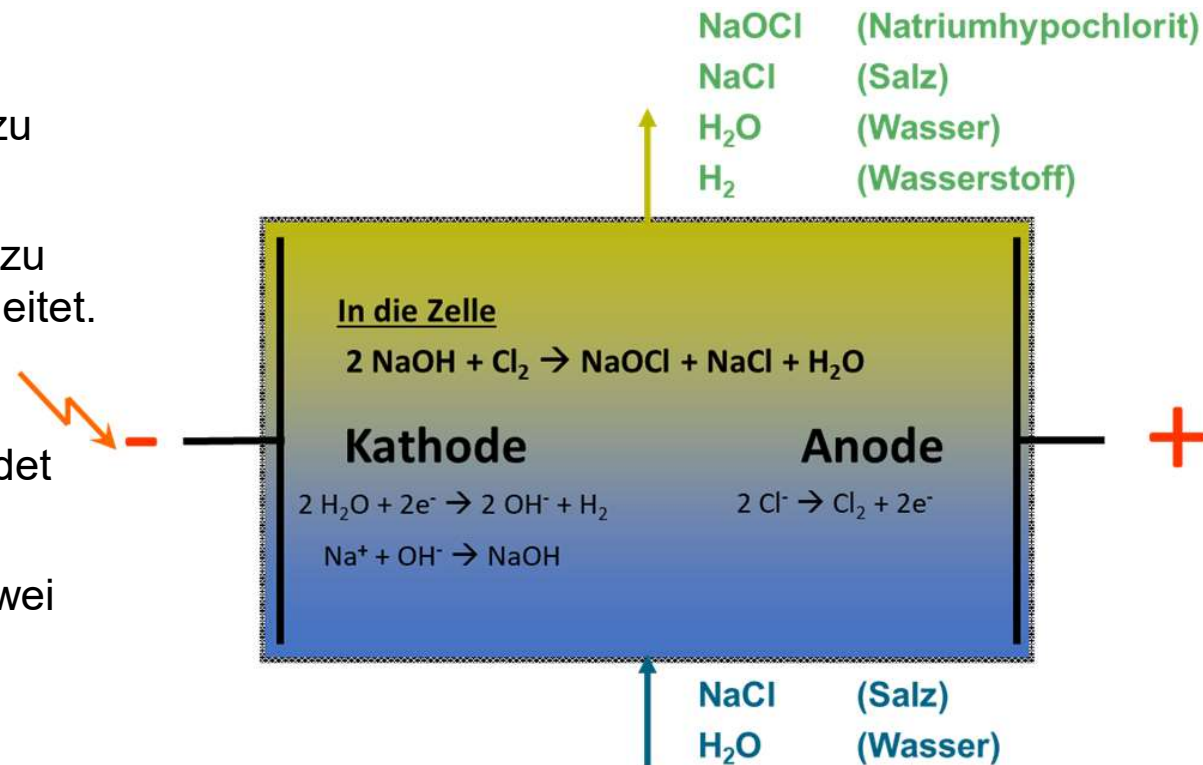
- Salz + Wasser + Strom ($2 e^-$) $\rightarrow$ Chlor + Natronlauge + Wasserstoff
- $2 \text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Strom} (2 e^-) \rightarrow \text{Cl}_2\uparrow + 2 \text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow$

- Theoretische Minimale Verbrauchszahlen:
 - Salz : 1 kg Cl_2 benötigt 1,65 kg Salz (NaCl)
 - Strom : 1 kg Cl_2 benötigt 3,4 kWh
 - Stromverbrauch ist abhängig vom Zellentyp und der Konstruktion

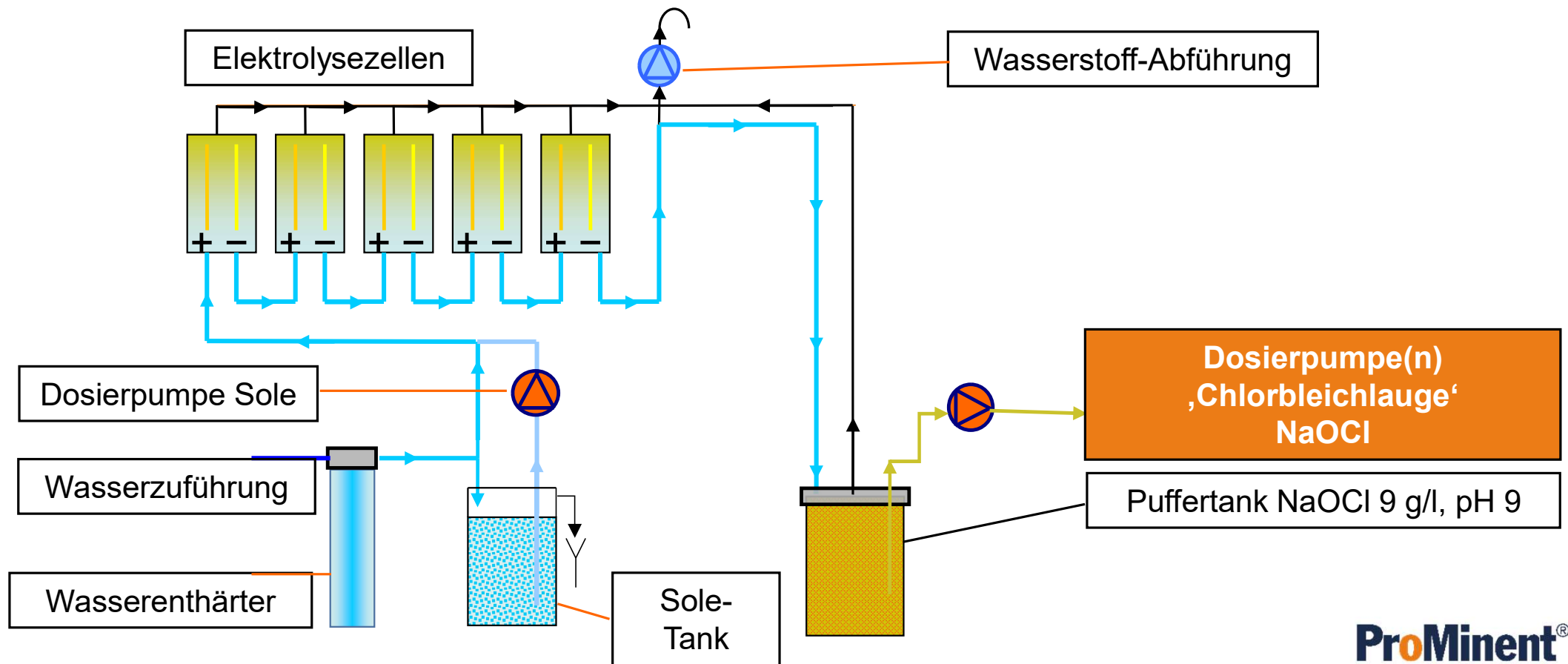
- Zwei Typen von Elektrolyse Zell Typen:
 - **OFFENE Zelle (Rohrzelle)**
 - **MEMBRAN Zelle (Geschlossene, getrennte Zelle)**

ELEKTROLYSE ZELLE TYP 1: OFFENE ROHRZELLE

- Salz wird in enthärtetem Wasser gelöst zu einer gesättigten Solelösung ($\pm 300 \text{ g/l}$)
- Die gesättigte Solelösung wird verdünnt zu ca. 28 g/l und in die Elektrolyse-Zelle geleitet. Der Anschluss von Gleichstrom an die Elektroden lässt einen Strom fließen zwischen Anode und Kathode. Damit findet die folgende Reaktion statt;
- Durch den elektrischen Strom wird mit zwei Elektronen das Salz und teilweise das Wasser gespalten:
- Die letzte Reaktion gibt die Endprodukte:
- **$2 \text{ NaOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaOCl}$ (0,9%, 9 g/l [als Chlor gerechnet]) + NaCl + H_2**



ELEKTROLYSE ZELLE TYP 1: OFFENE ROHRZELLE

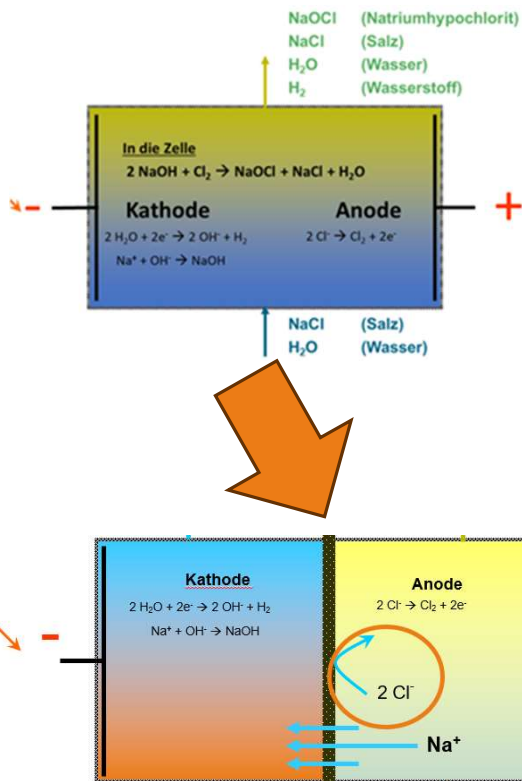


ELEKTROLYSE: OFFENE ROHRZELLE / BEISPIELE



Elektrolyseanlage CHLORINSITU IIa 60 – 2.500 g/h - ProMinent

VON DER OFFENEN ZU DER GESCHLOSSENEN ZELLE

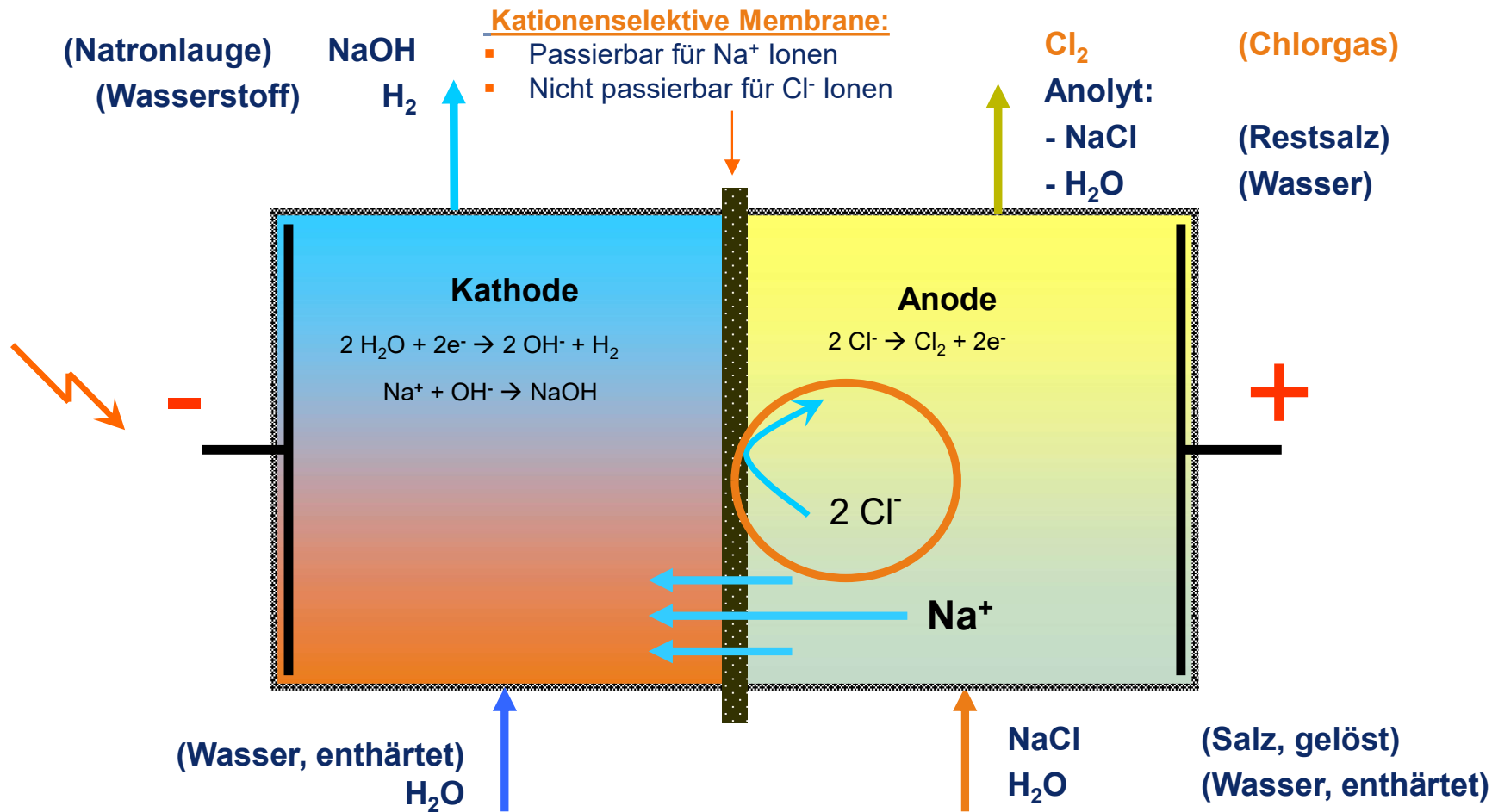


- Offene Rohrzelle = Reaktionen finden in 1 Reaktionsraum statt → Vermischung der Produkte
- Wie kann das 'verhindert' werden?
- **Trennung der Reaktionsräume**
 - Einsatz von Membranen zur Schaffung von selektiven Reaktionsbedingungen
 - Das ermöglicht die In-Situ Produktion / Frische Produktion von Chlorprodukt / Cl₂-Gas

IN-SITU CHLORERZEUGUNG – WAS UND WARUM?

- **In – Situ:** die Herstellung einer (meist sehr reaktiven) Ausgangsverbindung und deren unmittelbare Weiterverwendung im selben Reaktionsgefäß (Quelle: Wikipedia)
- **Frische Produktion von Chlorprodukt / Cl_2 -Gas**
- **Desinfektionsmittel: Hypochlorige Säure HOCl mit höherer Reaktivität und weniger/keine Alterung von NaOCl**
- Niedrige Chlorat- (ClO_3^-) und Chlorid- (Cl^-) Konzentrationen in Produkt und Badewasser
- Bessere Wasser- und Luftqualität für Mitarbeiter und Besucher
- Kein Transport und keine Lagerung grosser Mengen aggressiver Chemikalien (NaOCl) und geringere Menge an H_2SO_4 für die pH-Korrektur
- Kein Unfallrisiko durch unerwünschte Vermischung von Chemikalien

ELEKTROLYSE TYP 2: GESCHLOSSENE MEMBRANZELLE



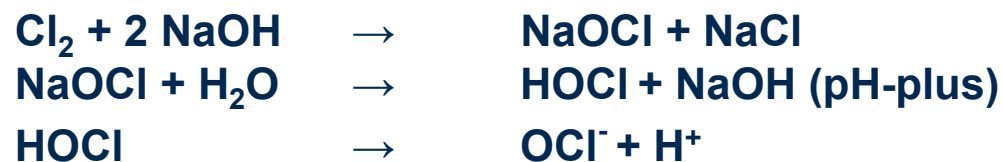
VORSTELLUNG DER CHLORINSITU®-V ALS EINE MÖGLICHE IN-SITU ELEKTROLYSEANLAGE (IN-SITU PRODUKTION VON CHLOR ZUR DESINFEKTION)

- In-Situ (vor Ort) Erzeugung eines frischen Produkts auf Chlorbasis (Hypochlorige Säure),
- Das erzeugte reine Chlorgas ist absolut frei von Chlorid (Cl-) und Chlorat (ClO₃-) und löst sich sofort in:

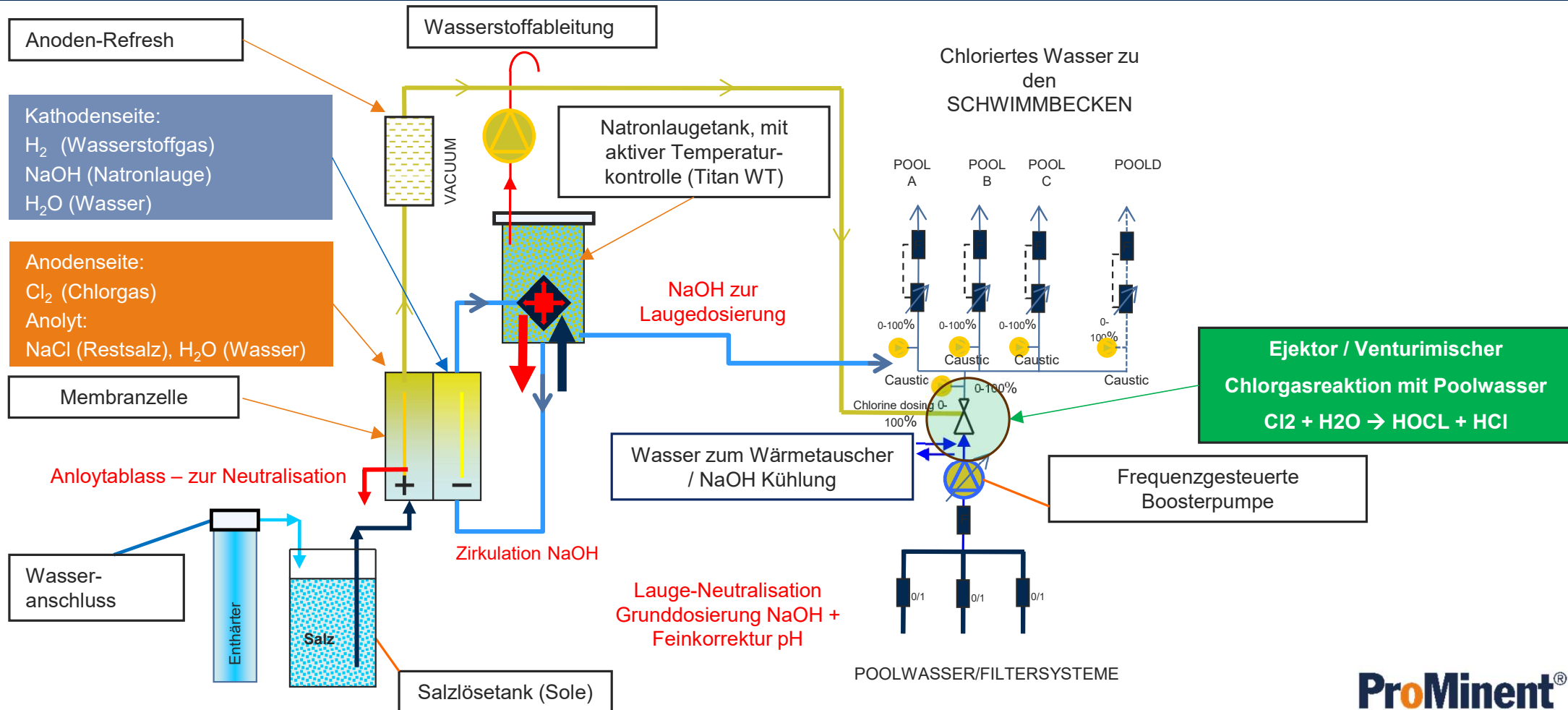
- Prozess- oder Schwimmbadwasser (Hypochlorige Säure):



- Separierte produzierte Natronlauge kann in einer Zusatzanlage zu Natriumhypochlorit umgesetzt werden:



ELEKTROLYSE: GESCHLOSSENE MEMBRANZELLE (CHLORINSITU®-V)



ELEKTROLYSEANLAGE CHLORINSITU®-V

The image shows the ProMinent logo in a large, bold, sans-serif font. The word "Pro" is in blue, the letter "o" is in orange, and "Minent" is in blue. The logo is set against a light gray background with a subtle gradient and a horizontal line. Below the logo, there is a clear reflection on a glossy surface.

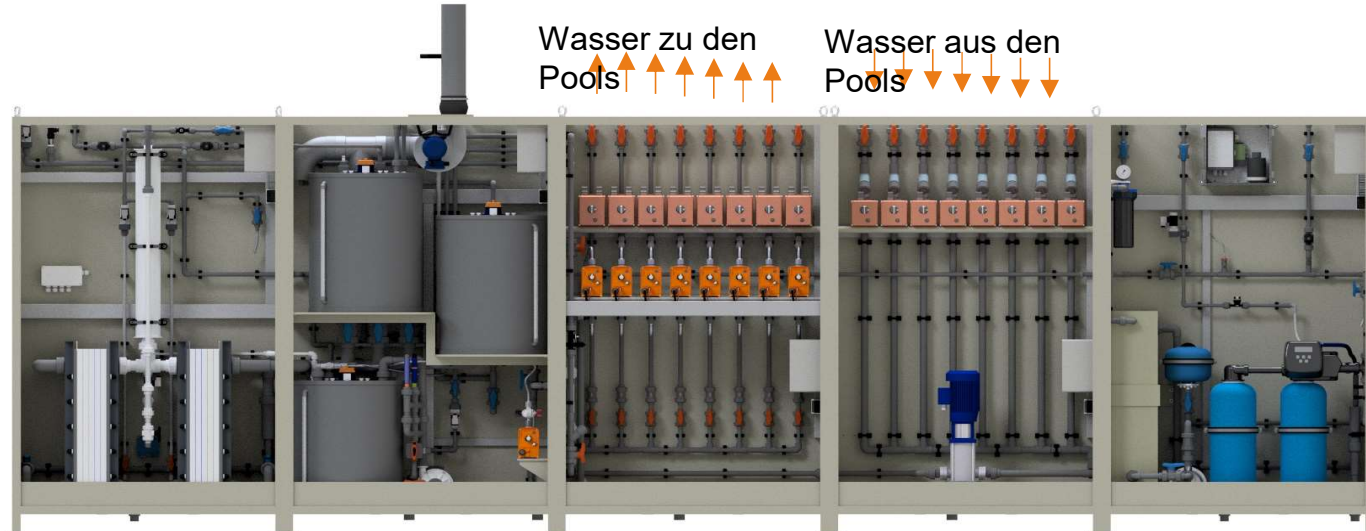
ProMinent

ProMinent®

ELEKTROLYSEANLAGE CHLORINSITU®-V



1'000 g Cl₂/h

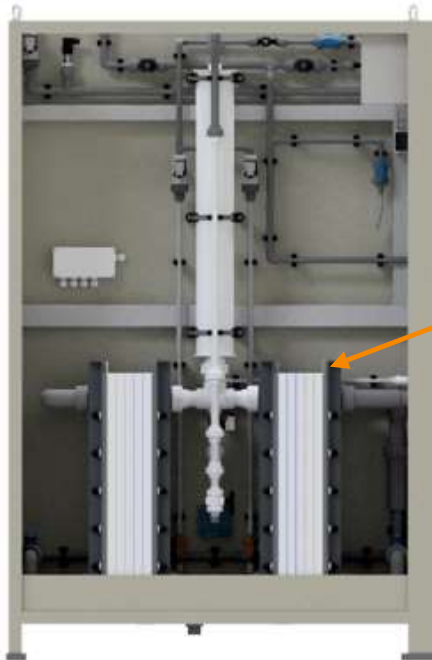


2'000 g Cl₂/h

- Kapazität: 100 bis zu 3'500 g Cl₂/h **In-Situ**
 - Auslegung auf Durchschnittswert Chlorverbrauch
- Bis zu 8 separat regelbare Beckenkreisläufe
- Unabhängige Wasserversorgung
- Integrierte Einfach- oder Duplex-Entthärtung
- Spitzenlastabdeckung durch Zusatzanlage oder Batch-Lagerung
- Desinfektion und pH-Regelung in einer Anlage
- Produktion von Hypochloriger Säure HOCL und Natrium-Hypochlorit (NaOCl)

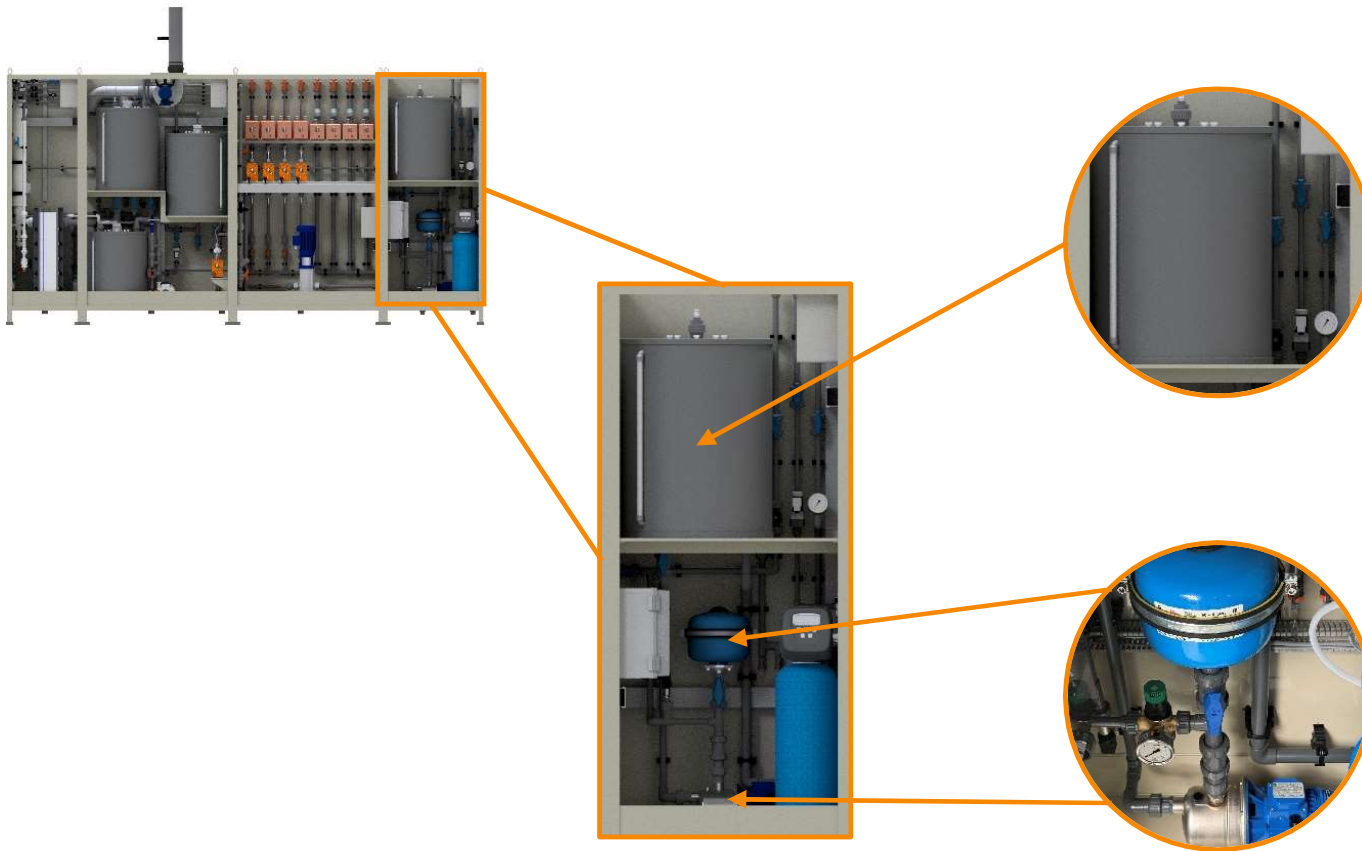
ProMinent®

ELEKTROLYSEANLAGE CHLORINSITU®-V MEMBRANZELLENEINHEIT



- Wassergekühlte Zelle
 - Hocheffiziente Produktion
 - Weniger Nebenprodukte
 - Weniger Materialbelastung
- Durchschnittliche Lebensdauer der Membranzelle 3 Jahre
- Durchschnittliche Lebensdauer der offenen Zelle 5 Jahre
- Hohe Zuverlässigkeit und Kontinuität
- Modernisierungsprogramm für Membranzellen, Elektrolysezellenaustauschprogramm = längere Lebensdauer
- Bessere Kostenstruktur (opex)
- Pro-rata-Garantie
- Umweltfreundlich, langlebig, Recycling

ELEKTROLYSEANLAGE CHLORINSITU®-V UNABHÄNGIGE WASSERVERSORGUNG



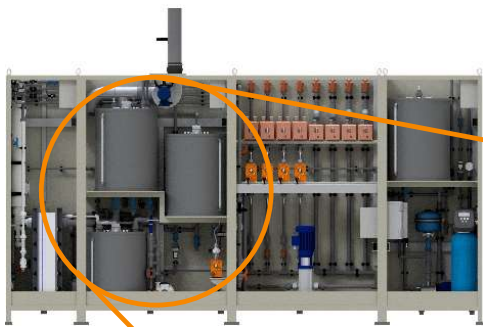
Enthärtetes Wasser

- Ausreichende Wasservorlage,
- nur Simplex Enthärter benötigt, unabhängig von Regeneration.
- Trennbehälter Funktion, kein Rückstrom zu Wassernetz.

Druckerhöhungspumpe mit Ausdehnungsgefäß

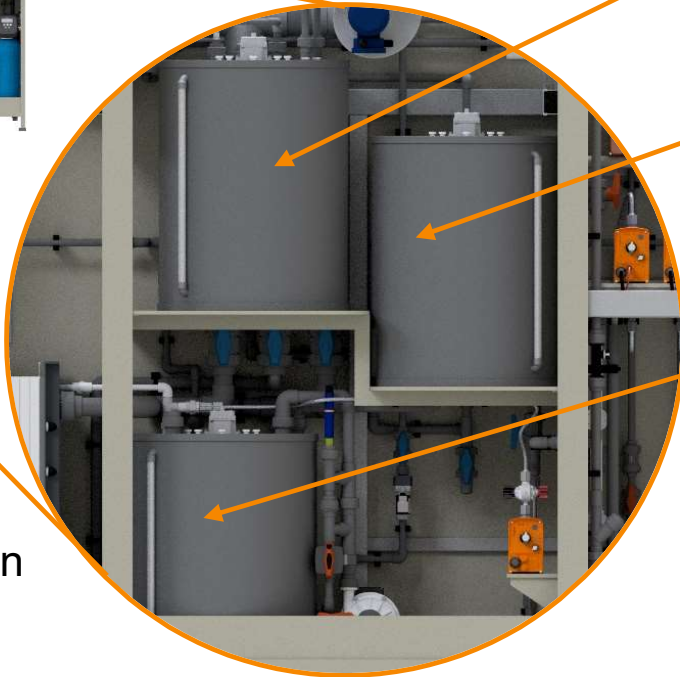
- Unabhängige Druckversorgung
- kein Einfluss von Druckschwankungen aus der Wasserversorgung

ELEKTROLYSEANLAGE CHLORINSITU®-V VERBESSERTER CHLOR-PRODUKTION



Füllstände

- Sichtbar von aussen
- Berührungslose Messung mit Dulcolevel Radar



Natronlauge Produktionsbehälter

- Separat von Dosierbehälter und deshalb extrem sichere Chlorproduktion



Natronlauge Dosierbehälter

- Natronlauge Lagerung für pH Korrektur / Neutralisation nutzbar

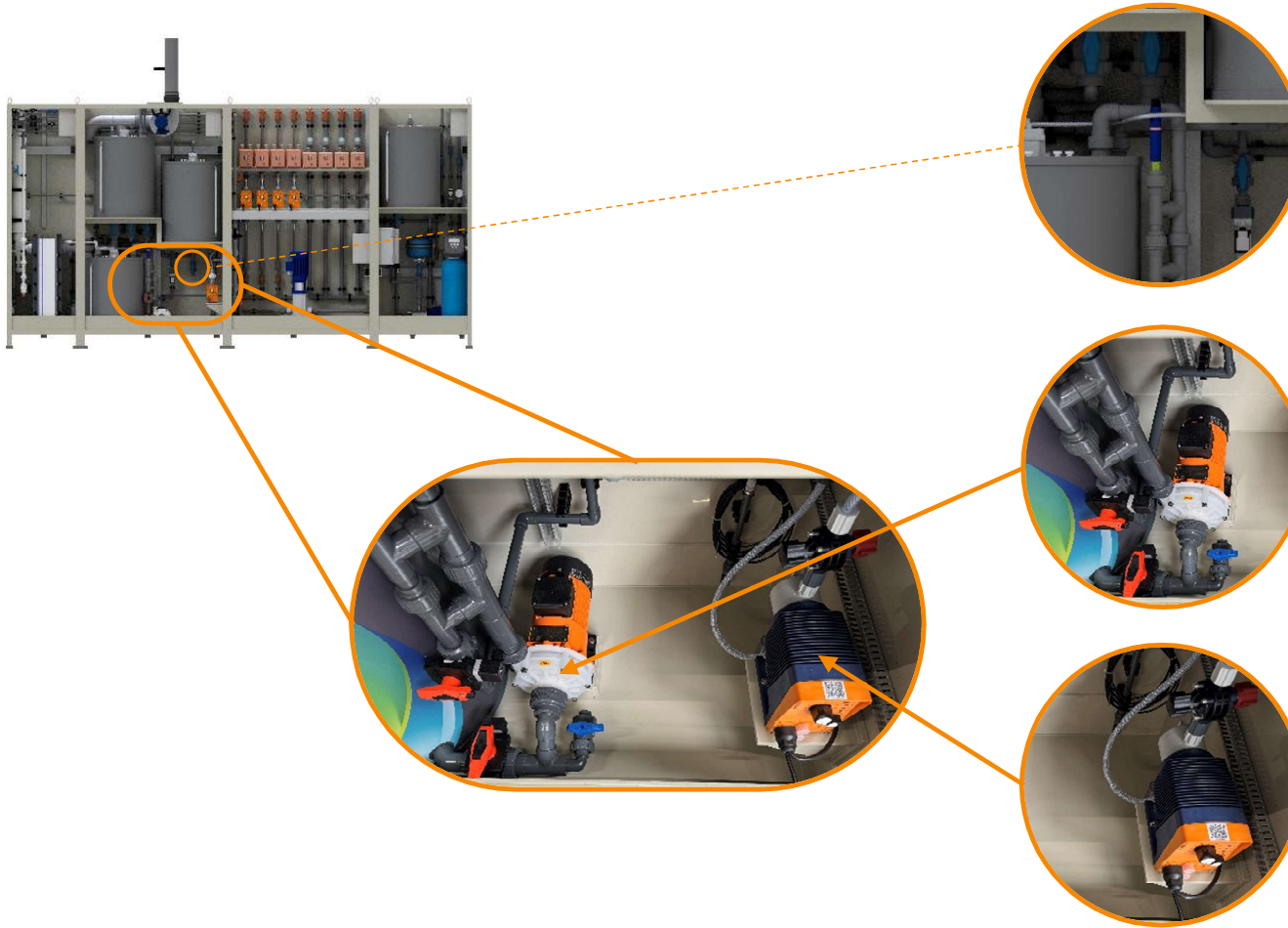


Anolyt Neutralisation und Verwurf Behälter

- Sicherer und kontrollierter Verwurf von unerwünschten Nebenprodukten
- Dosierung von Natriumbisulfit oder Wasserstoffperoxid zur Neutralisierung von Restchlor im Anolyt möglich

ELEKTROLYSEANLAGE CHLORINSITU®-V

KEINE DOSIERUNG VON NEBENPRODUKTEN INS BECKEN



pH-Messung Neutralisation

- Sichere, kontrollierte Anolyt Neutralisierung

Anolyt Umwälz-Pumpe

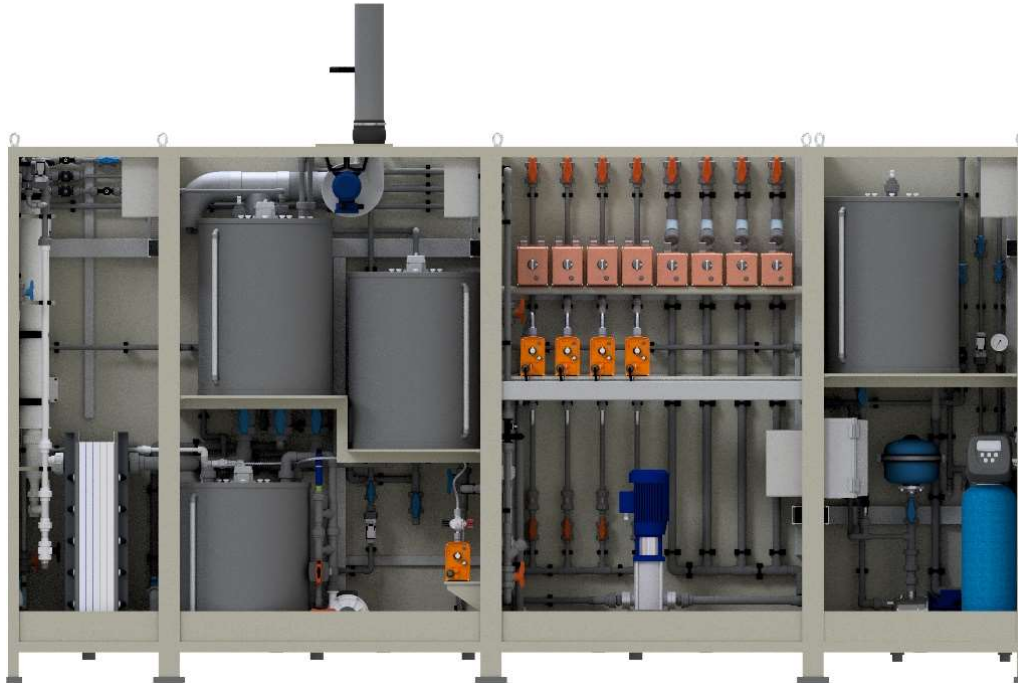
- Schneller Verwurf von Nebenprodukten nach Neutralisation

pH-Korrektur Neutralisation

- pH-überwachte, kontrollierte Natronlauge Dosierung

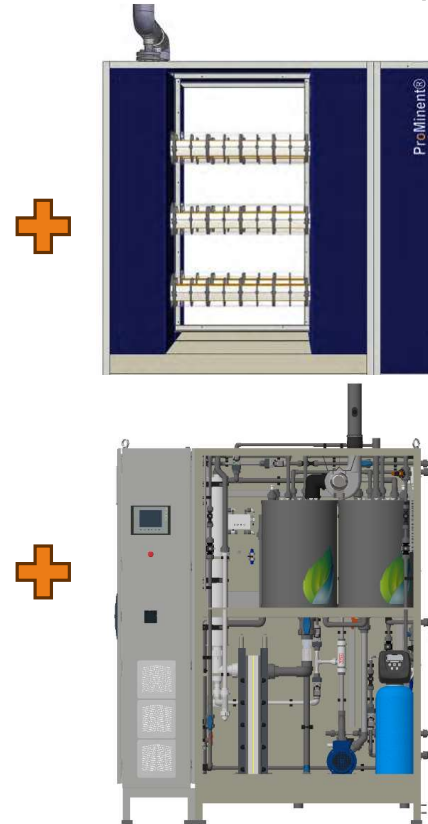
ELEKTROLYSEANLAGE HYBRID: CHLORINSITU®-V + CHLORINSITU-IIa / -IIIa

Hauptanlage: In-Situ Produktion von
Chlor → HOCL als Desinfektant



Zusätzlich verwendbar für Freibad und
Spitzenbedarfe

Zusätzliche Anlage: Produktion
von NaOCl (Hypochlorit)



ELEKTROLYSEANLAGE: WARTUNG

- Hochentwickelte, Hochleistungsmaschinen
- Typisch: 24/7-Betrieb
- Teile müssen auf Lager sein
- Support auf Distanz, Remote Engineer = VPN-Verbindung über Internet
- Wartungsverträge 1 oder 2 Besuche pro Jahr
- All-in-Wartungsverträge (volle Betriebsgarantie max. 15 Jahre)
- Elektrolysezellenaustauschprogramm = längere Lebensdauer

ELEKTROLYSEANLAGE CHLORINSITU®-V BIOZID-VERORDNUNG – ROHSTOFF ‘SALZ’



- Sicherheit im Rahmen der europäischen Biozid-Richtlinie
- Eingetragen in der ECHA95-Liste
- VDH watertechnology bv → Salzlieferant
- Salz in 25-kg-Säcken
- Schüttsalz
- Transport
- Qualität
- Prüfung und Freigabe des spezifikationskonformen Salzes durch Inhaber der Bewilligung

ELEKTROLYSEANLAGE CHLORINSITU®-V

ÜBERSICHT

- Erzeugt frisches Chlor präzise auf Bedarf / Sehr hohe Desinfektionsleistung
- Nur Salz zur Desinfektion erforderlich - Keine oder weniger Säure erforderlich
- Keine Lagerung von klassischer Chlorbleichlauge
- Kein Übertrag von Chlorat und Chlorid aus der Elektrolyse ins Schwimmbadwasser
- pH-Korrektur mit dem in der Elektrolyse erzeugten NaOH
- Gleichmässige Dosierung des Chlorprodukts, präzise Regelung pH-Werts durch proportionale Dosiersysteme

ELEKTROLYSE CHLORINSITU PRODUKT LINIE

System	Typ	Produkte	Kapazität (Cl ₂)	Anwendungen
Chlorinsitu IIa	Offene Zelle	(Natrium-)Hypochlorite 9 g/l	60 – 2.500 g/h	- Trinkwasser - Schwimmbad
Chlorinsitu IIa XL	Offene Zelle	(Natrium-)Hypochlorite 8 g/l	5 – 45 kg/h	Trinkwasser
Chlorinsitu III	Membrane	(Natrium-)Hypochlorite 20-25 g/l	100 – 10.000 g/h	- Schwimmbad - Trinkwasser
Chlorinsitu V	Membrane	Cl ₂ Gas NaOH	100 – 3.500 g/h	Schwimmbad
Chlorinsitu V PLUS	Membrane	Cl ₂ gas NaOH (Natrium-)Hypochlorite 5-25 g/l	100 – 3.500 g/h	Schwimmbad
DULCO®Lyse	Membrane	Hypochlorige Säure 400ppm @ pH 6.5	100 – 300 g/h	- F&B Industrie - Wasseraufbereitung





CHLORINSITU-V 1000 G/H





PH-KORREKTUR





CHLORINSITU V 700 G/H

KOMPLETTANLAGE IN KOMPAKTEM TECHNIKRUM





- **Chlorinsitu® V PLUS**
- **3.200 g/h**
- **Utrecht, NL**
- **Swimmingpool – Krommerijn**



VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT