

# Der Weg vom Salz zum Chlor

Wenn man heute über eine Schwimmbadmesse geht oder in verschiedenen Herstellerbroschüren blättert, findet man häufig Schlagworte wie natürliche Desinfektion auf Basis von Salzen. Welche Desinfektionsmethoden verbergen sich dahinter, und was ist bei ihrem Einsatz beachten?

**V**orab: ein sorgfältig und gut aufbereitetes Schwimmbeckenwasser muss mit entsprechenden Wasserpflegemitteln versetzt und aufbereitet werden. Dies geben alleine schon die technischen Regelwerke für die öffentlichen Schwimmbäder (DIN 19643 – Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser in öffentlichen Bädern) oder für private Schwimmbäder (DIN EN 16713 und die bsw Richtlinie Nr. 2020/01 – Planung der Wasseraufbereitung für Privatschwimmbäder) vor. Sämtliche Regelwerke haben gemeinsam, dass die Desinfektion auf Basis von Chlor bzw. oxidierenden Chlorverbindungen erfolgen soll. Wie kommt man nun von der Desinfektion auf salzhaltiger Basis zum Chlor?

Wenn von Salzen im Schwimmbeckenwasser die Rede ist, spricht man von Natriumchlorid (chemisch NaCl, auch bekannt als Kochsalz). Natriumchlorid ist zum Beispiel auch im Meerwasser das ausschlaggebende Salz. Der durchschnittliche Salzgehalt im Meerwasser beträgt etwa 3,5 % (entspricht 35 g Salz je Liter Wasser), wobei der Anteil von Natriumchlorid dabei rund 90 % beträgt. Werden in eine Natriumchloridlösung zwei Elektroden eingetaucht und daran eine Gleichspannung angelegt, wird das Natriumchlorid entsprechend der Ladung aufgespalten. Diesen Vorgang nennt man Elektrolyse (griechisch: mittels Elektrizität trennen). Die positiv geladenen Natriumionen  $\text{Na}^+$  (Kationen) wandern zur negativen Elektrode (Kathode) und die negativ geladenen Chloridionen  $\text{Cl}^-$  (Anionen) wandern zur positiven Elektrode (Anode). Auch das Wassermolekül  $\text{H}_2\text{O}$  wird entsprechend elektrolytisch in  $\text{H}^+$  und  $\text{OH}^-$ -Ionen aufgespalten. Aus diesen entstehenden Elektrolyseprodukten wird nun je nach Verfahrensvariante das eigentliche Desinfektionsmittel, nämlich freies Chlor (chemisch  $\text{HOCl}$  bzw. hypochlorige Säure) erzeugt und dem Schwimmbeckenwasser zugegeben.

Dieser Schritt kann direkt oder aber auch indirekt erfolgen. Denn bei der Elektrolyse von Natriumchloridlösungen entstehen je nach Verfahrensvariante im entsprechendem chemischen Verhältnis auch Natronlauge ( $\text{NaOH}$ ), Salzsäure ( $\text{HCl}$ ) und Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ). Der prozessbedingt entstehende Wasserstoff muss dabei ins Freie abgeleitet werden. Entweder über eine manuelle Abführung bei kleineren Mengen (konvektive Strömung) oder mittels eines geeigneten Ventilators. Aufgrund der Herstellung des Desinfektionswirkstoffes vor Ort spricht man auch von der „in-situ-Herstellung“.

Ein paar Worte zu den Begrifflichkeiten. Üblicherweise spricht man von dem „Freien Chlor“ als Desinfektionsmittel. Genaugenommen umfasst das freie Chlor neben der zuvor erwähnten hypochlorigen Säure ( $\text{HClO}$ ) auch weitere Verbindungen auf Basis von Chlor. Nur: Im üblichen relevanten pH-Wert-Bereich von ca. 6,5 bis 7,5 ist davon auszugehen, dass vorwiegend die hypochlorige Säure den maßgeblichen Anteil ausmacht. Daher ist es für diese und folgenden Betrachtungen hinreichend genau, das freie Chlor mit der hypochlorigen Säure gleichzusetzen. Die gängigen Verfahrensvarianten werden im Folgenden erläutert.

## 1. HERSTELLUNG VON NATRIUMHYPOCHLORITLÖSUNG MITTELS ELEKTROLYSE VOR ORT

Hypochlorige Säure und Natronlauge werden nach der Elektrolysezelle in eine Vermischungseinrichtung geführt und reagieren dort zu einer dünnen Natriumhypochloritlösung (chemisch  $\text{NaClO}$ , häufig auch als Chlorbleichlaug bezeichnet). Die Natriumhypochloritlösung wird in einem Kunststoffbehälter zwischengelagert und mittels Dosierpumpe nach Bedarf dem Filtrat zudosiert.

Zwei Schwimmbadtechnikanlagen, gebaut von sopra Salzburg. Bestandteil ist jeweils eine Elektrolysanlage „sopra Premium 19“.





Je nach Anlagenleistung und Behältergröße kann dabei für eine gewisse Zeit eine Bevorratung erfolgen. Zudem besteht die Möglichkeit, durch weitere Dosierpumpen auch mehrere Becken zu bedienen. Aufgrund der Alkalität von Natriumhypochlorit ist eine pH-Wert-Korrektur notwendig

## 2. HERSTELLUNG VON HYPOCHLORIGER SÄURE AM VERWENDUNGSORT DURCH NATRIUMCHLORIDLÖSUNG

Die erzeugten Elektrolyseprodukte Chlor und Natronlauge werden getrennt abgeführt. Während das Chlor ohne Zwischenlagerung mit Wasser zu hypochloriger Säure reagiert und dem Filtrat zudosiert wird, muss die Natronlauge in einem separaten Behälter aufgefangen und zwischengelagert werden. Bei diesem Verfahren erfolgt keine Bevorratung von chlorhaltigen Produkten. Die Anlagenleistung muss dem maximal möglichen Bedarf entsprechend ausgelegt werden. Die bevorratete Natronlauge kann je nach Reinheit entweder zur pH-Wert-Korrektur verwendet oder aber mit ausreichend Wasser verdünnt abgeführt werden. Die bei der Einmischung von Chlor in Wasser entstehende Salzsäure muss neutralisiert werden. Die Entsäuerung kann mittels Marmorkies oder pH-Wert-Wasserpflegemittel erfolgen.

Bei den bisher genannten Verfahren spricht man auch von den indirekten Elektrolyseverfahren. Das heißt, das entstehende Desinfektionsmittel wird über eine separate Dosiereinrichtung (ob Dosierpumpe oder Injektorprinzip) dem Filtrat zugemischt und die Elektrolyse findet „extern“ und nicht unmittelbar im Beckenwasserkreislauf statt. Diese indirekten Elektrolyseverfahren werden überwiegend mit Elektrolysezellen ausgerüstet, dessen Elektroden (Anode- und Kathode) mittels Membranen voneinander getrennt sind (auch als geteilte Zellen bezeichnet). Man spricht dann auch von der Membranelektrolyse oder Membranzellenelektrolyse. Diese Membran trennt die beiden Elektroden insofern, als dass die Selektivität bezüglich der auftretenden Ionen und damit schließlich der Wirkungsgrad der Anlage erhöht wird. Damit Härtebildner wie Calcium oder Magnesium die Membranen nicht belegen, werden Enthärtungsanlagen benötigt, die entweder extern angeschlossen oder in der Elektrolyseanlage bereits integriert sind. Daneben gibt es auch Elektrolysezellen ohne Membrantrennung (auch als ungeteilte Zellen bezeichnet). In diesem Fall ist der Wirkungsgrad meist geringer sowie der Salzeintrag in den Beckenkreislauf höher.

>>



## Steckfertiges Mess-, Regel- und Dosiersystem für private Schwimmbäder für pH, Redox und Temperatur

- Einfache und übersichtliche Bedienung mit großem 7“ Touchscreen
- Intuitive Menüführung
- Sichere und zuverlässige Messung und Dosierung
- Einfache Installation und Wartung
- Fernanzeige/-zugriff über PC, Smartphone, Tablet



# WDT

## Werner Dosiertechnik

The better solution.

WDT Werner Dosiertechnik GmbH & Co. KG  
Hettlinger Straße 17 | D-86637 Wertingen  
Tel. +49 (0) 8272 98697-0 | [www.werner-dosiertechnik.de](http://www.werner-dosiertechnik.de)



**Elektrolyseanlage Ospa-BlueClear garantiert ein haut- und augenfreundliches Schwimmbadwasser ohne Chlorgeruch. Die Steuerung erfolgt am Display der Ospa-BlueControl. (www.ospa-schwimmbadtechnik.de)**

### 3. HERSTELLUNG VON HYPOCHLORIGER SÄURE MITTELS ELEKTROLYSE IM SALZHALTIGEN FILTRAT

Bei diesem Verfahren handelt es sich um ein sog. direktes Elektrolyseverfahren. Dabei wird der Salzgehalt des kompletten Beckenwasser bzw. im gesamten Kreislauf durch manuelle oder automatische Zugabe von Salz angehoben. Die Konzentrationen betragen je nach Herstellerangaben etwa 0,1 bis 0,5 % (entsprechend 1 bis 5 mg Salz je 1 Liter Wasser). Die Elektrolysezelle, bestehend aus Anode und Kathode, wird hierbei direkt in die Filtratleitung installiert und vollständig oder in einem Teilstrom durchströmt. Dabei bildet sich an der Anode Chlor, welches im Wasser zu hypochloriger Säure und Salzsäure reagiert und sich damit direkt im Filtrat ohne weitere Dosiereinrichtungen befindet.

Wichtig bei diesem Verfahren ist, dass aufgrund des dauerhaft hohen Salzgehaltes sämtliche Werkstoffe im Becken, der Anlagentechnik und auch in der Schwimmhallenkonstruktion, wenn es sich um ein Hallenbad handelt, in beständiger Qualität ausgewählt werden. Damit eine ausreichende Desinfektionskapazität vorhanden ist, muss regelmäßig der Salzgehalt überprüft und angepasst werden, da aufgrund der Filterspülung mit Beckenwasser und Nachspeisung mit Trinkwasser der Salzgehalt verringert wird. Der Einfluss der Härtebildner ist auch bei diesem Verfahren bemerkbar. Deswegen müssen die Elektroden in regelmäßigen Abständen gespült und/oder durch eine elektrische Umpolung einem Belag vorgebeugt werden.

Die Hersteller der Elektrolyseanlagen machen je nach Verfahren Angaben über die Mindestqualität des Salzes. Diese Angaben sollten beachtet werden, da durch unterschiedliche Zusammensetzungen und Nebenbestandteile in den Salzen der Wirkungsgrad der Elektrolyseleistung abnehmen kann und zudem eine häufigere Reinigung und Wartung mit einhergehen kann.

#### Rechtliche Rahmenbedingungen

Da jedes Desinfektionsmittel – ob im Schwimmbad, Trinkwasser oder im Haushalt verwendet – Bestandteile enthält, die seine Wirksamkeit ausmachen, werden die in dem Biozidprodukt enthaltenen Wirkstoffe geregelt. Grundlage hierfür ist die Biozidverordnung (EU Verordnung 528/2012), die den Verkauf und die Abgabe von Biozidprodukten in ganz Europa regelt.

Bei in situ – also vor Ort (hier: durch Elektrolyse) – hergestellten Bioziden ist das zulassungspflichtige Biozidprodukt entweder: – der/die Stoff(e) oder Gemisch(e), aus denen der Wirkstoff hergestellt wird, oder

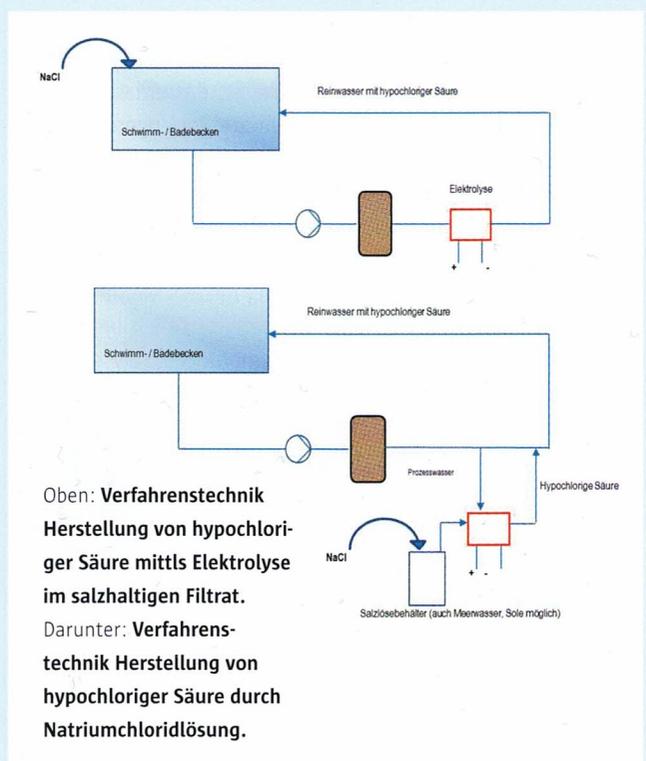
– der Wirkstoff, der aus Stoffen oder Gemischen hergestellt wird, die selbst nicht als Biozidprodukt zugelassen werden können.

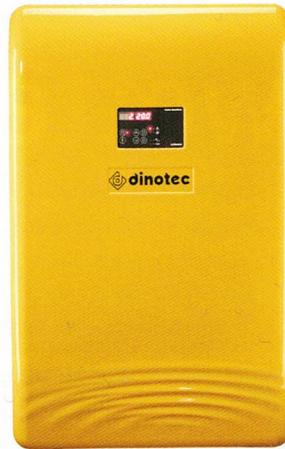
Wird zum Beispiel hypochlorige Säure aus Natriumchlorid hergestellt, welches zu Desinfektionszwecken vermarktet wird, so wäre das Natriumchlorid als Biozidprodukt anzusehen. Wird dagegen hypochlorige Säure elektrolytisch aus Meerwasser hergestellt, so stellt sie das Biozidprodukt dar, da das Meerwasser selbst nicht als Precursor (Vorläufersubstanz) vermarktet wird. Gemäß Biozidverordnung dürfen Biozidprodukte nur noch Wirkstoffe bzw. Vorläufersubstanzen (hier: Natriumchlorid) von Herstellern enthalten, welche in der sog. Artikel 95 Liste der Europäischen Chemikalienagentur (kurz: ECHA) geführt werden. (auszugsweise, Quelle: www.reach-clp-biozid-helpdesk.de). Da sich rechtliche Rahmenbedingungen ändern können, stellen die Ausführungen den Sachstand zum Oktober 2020 dar.

#### Hinweise zu Begrifflichkeiten und Falschdarstellungen

Häufig tauchen Begriffe wie Hydrolyse oder anodische Oxidation auf, die insbesondere im Zusammenhang mit den Elektrolyseverfahren im salzhaltigen Filtrat verwendet werden.

– Hydrolyse: Es handelt sich um einen chemischen Begriff, der besagt, dass bei einer chemischen Reaktion in Anwesenheit von Wasser das Wassermolekül (H<sub>2</sub>O) aufgespalten wird und das entstehende Wasserstoffion (H<sup>+</sup>) im vorliegenden Fall an das Chlor (Entstehung der hypochlorigen Säure HOCl und das ebenfalls entstehende OH<sup>-</sup>Anion) an einen weiteren „Partner“ gebunden wird – im vorliegenden Fall an positiv geladene Gegenionen wie Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>. Es handelt sich also um einen chemischen Vorgang, der bei einer Elektrolyse in Anwesenheit von Wasser und Salze abläuft.





Elektrolyseanlage „Vodes BlueWave“ von dinotec mit Steuerung am Display und Enthärter.  
([www.dinotec.de](http://www.dinotec.de))

## Salz ist der Ausgangsstoff für die hypochlorige Säure

– Anodische Oxidation: Auch dieser Begriff wird gerne verwendet, um möglicherweise ein besonderes Alleinstellungsmerkmal zu generieren. Hier handelt es sich um nichts anderes als um eine Teilreaktion, die bei der Elektrolyse abläuft. Der Name besagt es schon: an der Anode (Pluspol bei der Elektrolyse) werden die negativ geladenen Teile „oxidiert“, indem Elektronen, die die negative Ladung eines Elementes charakterisieren, abgegeben werden. In unserem Fall wird das negativ geladene Chloridion ( $\text{Cl}^-$ ) aus dem Kochsalz ( $\text{NaCl}$ ) oxidiert, und es entsteht das Chlorgas ( $\text{Cl}_2$ ), welches in Anwesenheit von Wasser wiederum zu dem bekannten Desinfektionswirkstoff hypochlorige Säure ( $\text{HOCl}$ ) reagiert. Genaugenommen sind beide Begrifflichkeiten bei den hier aufgeführten Elektrolyseverfahren fachlich richtig, stellen jedoch jeweils nur einen „Ausschnitt“ aus der Gesamtheit aller ablaufenden Reaktionen dar. Am Ende laufen die Reaktionen immer ab und liefern den für den Beckenwasserkreislauf zwingend erforderlichen Desinfektionswirkstoff – die hypochlorige Säure – oder einfach gesprochen, das freie Chlor!

### Verwendung der Bezeichnungen „chlorfreies Verfahren“ oder „Desinfektion auf Salzbasis“

Zur Klarstellung: Bei Anwesenheit von Natriumchlorid – auch bei geringen Konzentrationen – entsteht bei Verwendung eines Elektrolyseverfahrens der Wirkstoff hypochlorige Säure. Es mag durchaus sein, dass die Konzentration gering ist – sie ist aber dennoch vorhanden. Der Begriff „chlorfreies Verfahren“ ist daher nicht richtig. Die Begrifflichkeit „Desinfektion auf Salzbasis“ hingegen ist zunächst nicht zu beanstanden. Im Grunde ist das Salz (Natriumchlorid) der Ausgangsstoff, führt aber durch eine Elektrolyse zu dem bekannten Wirkstoff – der hypochlorigen Säure.

**FAZIT:** Elektrolyseanlagen zur Desinfektion des Schwimmbeckenwassers liegen im Trend. Dies nicht zuletzt, da diese Verfahren überwiegend mit dem völlig ungefährlichen Kochsalz betrieben werden. Der Entfall von Transport, Lagerung und Handhabung von Chlorprodukten (gasförmig, flüssig oder fest) ist für viele Schwimmbadbesitzer ein gewichtiges Argument. Auch die Bedienung der Elektrolyseanlagen hat sich vereinfacht. Manche Geräte zeigen zum Beispiel schon frühzeitig an, ob eine Wartung erforderlich ist. Das Argument der geringeren Betriebskosten spielt eine große Rolle. Denn trotz der etwas höheren Investition in eine solche Anlage können sich über die Betriebskosten (Salz, Wasser, Strom und Wartung) auch bei kleineren Anlagen bereits günstige Amortisationszeiten ergeben. Ein Hinweis noch zur pH-Wert Korrektur: Generelle Aussagen, ob und in welcher Höhe eine pH-Wert-Korrektur erforderlich ist, lassen sich nicht machen. Der Einfluss der jeweiligen Säurekapazität und des pH-Wertes im Füllwasser sowie die Beckenbelastung geben neben dem verwendeten Elektrolyseverfahren den Ausschlag.

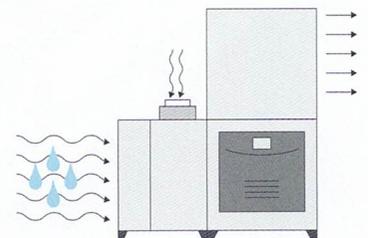
Frank Eisele Dipl.-Ing./Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH)



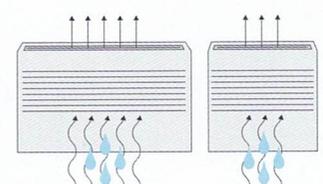
## Luftentfeuchter

für Schwimmhallen & Whirlpools mit Wärmerückgewinnung

Leise und wirtschaftliche Schwimmhallen-Luftentfeuchter. Besonders laufruhig und vibrationsarm als Stand-, Wand- und modulare Kanalgeräte.



Kanalgeräte



Truhengeräte

Gerne beraten wir Sie persönlich vor Ort.

Alfred Kaut GmbH & Co.  
[suh@kaut.de](mailto:suh@kaut.de) | [www.kaut.de](http://www.kaut.de)