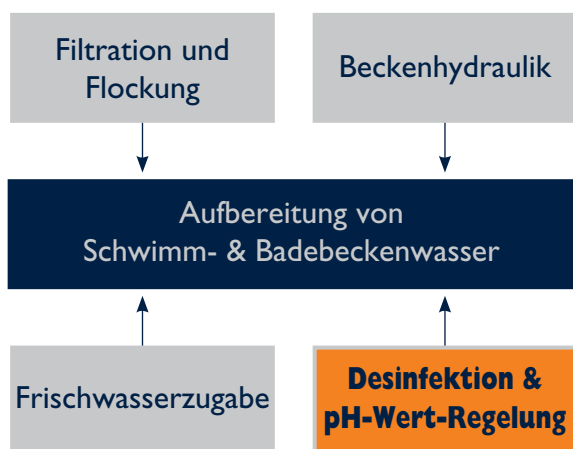


5. Chemische Wasseraufbereitung/Desinfektion

Zur erfolgreichen Pflege des Schwimmbeckenwassers gehört neben der mechanischen Filterung des Beckenwassers (Kapitel 4 „Filtertechnik“) eine ausreichende Durchströmung des Beckens (Kapitel 3 „Wasserführung“), die Frischwasserzugabe sowie als wichtiger Bestandteil die Desinfektion und pH-Wert-Regelung.



Besonders der pH-Wert ist ein wichtiger Parameter, denn er beeinflusst die Desinfektionswirkung der Chlorprodukte. Freies Chlor liegt im Wasser je nach pH-Wert entweder als hypochlorige Säure, als freies Chlor oder als Hypochlorit-Ion vor. Die desinfizierende Wirkung der hypochlorigen Säure ist besonders groß. Mit zunehmendem pH-Wert nimmt der Anteil der unterchlorigen Säure jedoch ab.

Mit Desinfektion ist die Abtötung von Bakterien, Viren und Pilzen gemeint. Sie wird am besten von Chlor und Chlorprodukten erreicht.

So genannte chlorfreie Verfahren und Produkte beruhen meistens auf der Basis von Wasserstoffperoxyd und dem darin enthaltenen aktiven Sauerstoff. Entgegen dem anfänglichen Optimismus mit chlorfreien Produkten Chlor aus dem Schwimmbad zu vertreiben, muss betont werden, dass die Wirkung von Chlor sich über Jahrzehnte hinweg

bewährt hat, während chlorfreie Produkte häufig allein nicht ausreichen, sondern in Verbindung mit Algiziden und/oder anderen Zusätzen eingesetzt werden müssen. Oftmals sind in Abständen von 4–5 Wochen einmalige Chlorzugaben erforderlich.

5.1 Anforderungen an Frisch- und Badebeckenwasser

Der Anteil an Frischwasser im privaten Bad muss nicht, wie im öffentlichen Bad festgelegt, 30 Liter pro Badegast und Tag betragen, sollte aber dennoch ausreichend sein, um die Wasserqualität zu gewährleisten. Hierbei sind besonders die Parameter pH-Wert, Redoxspannung und – bei der Desinfektion mit Chlorprodukten – der Gehalt an freiem Chlor im Wasser zu beobachten.

An das Wasser, mit dem das Schwimmbad gefüllt wird (Füllwasser), werden bestimmte Anforderungen gestellt. Das Füllwasser muss seuchen- und allgemeinhygienische Trinkwassereigenschaften aufweisen. Ausnahmen gelten für Meer-, Sole-, Mineral- und Heilwässer. Stoffe, die sich störend auf die Wasseraufbereitung auswirken, sind durch eine getrennte Aufbereitung zu entfernen.

Beim Schwimmbeckenwasser können sich störend auswirken:

- Trübung
- hohe Karbonathärte
- hoher oder niedriger pH-Wert

Alleine die Erwärmung des Wassers (bis 35 °C) kann eine Veränderung der Inhaltsstoffe bewirken. Durch die Zugabe von Chlor oder ähnlich wirkenden Stoffen können ungünstige Verbindungen im Badewasser entstehen und diese sich im Kreislauf aufkonzentrieren. Ein zu hoher Eisenanteil bewirkt z.B. eine braune Färbung nach der Chlorzugabe. Ein zusätzlicher Faktor ist der Badegast.

Brunnenwasser ist aus den vorgenannten Gründen in den meisten Fällen nicht zum Befüllen eines Schwimmbades geeignet. Bei Brunnenwasser oder bestimmten Konzentrationen von Inhaltsstoffen ist eine Vorbehandlung in Form einer speziellen getrennten Aufbereitung erforderlich. Hier ist besonders auf organische Verunreinigungen zu achten.

Wichtige Inhaltsstoffe, auf die die gewählte Wasseraufbereitung abgestimmt sein muss, sind:

Calcium (Ca)

Calciumverbindungen sind in jedem natürlichen Wasser in mehr oder weniger hoher Konzentration enthalten. Sie gehören wie die Magnesiumverbindungen zu den „Härtebildnern“ im Wasser.

Chlor (Cl₂)

Chlor und Chlorverbindungen kommen im natürlichen Wasser nicht vor. Sie werden dem Wasser aber bei der Wasseraufbereitung zur Entkeimung zugesetzt.

Als „freies Chlor“ werden bezeichnet: Freies, elementares Chlor; unterchlorige Säure oder Hypochlorid-Anion.

Als „gebundenes Chlor“ werden bezeichnet: Organische und anorganische Chloramine sowie Chlorsubstitutionsprodukte.

Die Summe beider Werte wird als „Gesamtchlor“ in den Analysen ausgewiesen.

Chlorid (Cl)

Chloride sind Salze der Salzsäure. Sie sind in nahezu allen natürlichen Wässern enthalten. Ihre Konzentration ist abhängig von den geologischen und örtlichen Verhältnissen.

Größere Mengen Chloride können den Geschmack beeinflussen und erhöhen vor allen Dingen die Korrosionswahrscheinlichkeit des Wassers.

Eisen (Fe)

Eisen kann in Form von Eisen(II)- und Eisen(III)-Ionen, in ungelösten Verbindungen, kolloidal gelöst sowie in organischer Bindung vorliegen. Bei der Bestimmung von gelöstem neben ungelöstem Eisen, geben die späteren Analysewerte nicht die bei der Probenentnahme im Wasser vorliegenden Verhältnisse wieder. Nur der Gesamtgehalt an Eisen entspricht den Werten bei der Probenentnahme. Der Grenzwert für Eisen beträgt 0,1 mg/l.

Härte des Wassers (allgemein)

Als Härtebildner im Wasser werden allgemein die Calcium- und Magnesiumsalze bezeichnet. Mit Kohlensäure gebunden bezeichnet man sie als Karbonathärte. Liegen sie dagegen als Sulfate, Chloride oder Nitrate vor, so spricht man von Nichtkarbonathärte.

Hieraus folgt:

Karbonathärte (GH) = Calciumhärte (CaH) + Magnesiumhärte (MgH)

Gesamthärte (GH) = Karbonat-Härte (KH) + Nichtkarbonathärte (NKH)

Gesamthärte (GH) = „Summe Erdalkalien“
 $1^\circ\text{dH (GH)} = 0,1786 \text{ mol/m}^3 \text{ Summe Erdalkalien}$

Kupfer (Cu)

Es kommt in natürlichen Wässern äußerst selten vor, aber bei Kupferleitungen können Kupfer-Ionen ins Wasser gelangen und dem Wasser einen unangenehmen Geschmack verleihen. Die Giftigkeit der Kupfersalze wird allgemein weit überschätzt. Es existiert lediglich eine Richtzahl: 3mg/l nach 12-stündigem Stehen in kupfernen Leitungssystemen.

Wassertemperatur

Die Angabe der Wassertemperatur ist wichtig, da sowohl die pH-Wert-, die Redoxspannung und die Leitfähigkeitsmessung temperaturabhängig sind. Auch bei Berechnungen des Gleichgewichts-pH-Wertes, des Sättigungsindex und der zugehörigen Kohlensäure geht die Temperatur beträchtlich in die Rechnung ein.

5.2 Automatische Wasseraufbereitung mit Chlor

Zu den relevanten Parametern zur Kontrolle der Wassergüte zählen die Konzentration an Desinfektionsmittel – Chlor, Chlordioxid und Ozon – der pH-Wert und die Messung der Redoxspannung.

In öffentlichen Bädern sind vorgeschriebene Grenzwerte einzuhalten (maßgeblich ist die DIN 19643), daher ist eine kontinuierliche Messung sowie eine Regelung der Hygieneparameter Chlor, pH-Wert und Redoxspannung notwendig. Ebenso sollte jeder Betreiber eines Privatbades die Wasserqualität im Blick haben und die Parameter Chlor und pH-Wert automatisch messen und regeln: Nur optimal aufbereitetes Schwimmbeckenwasser ist angenehmes Wasser, das ungetrübten Badespaß garantiert.

Die wichtigsten Parameter sind:

Freies Chlor

Freies Chlor ist **wirksames Chlor**. In Wasser liegt es in drei Formen vor: als elementares Chlor (Cl_2), als hypochlorige Säure (HClO) und als Hypochlorid-Ion (HClO^-). Für die desinfizierende Wirkung ist vor allem die hypochlorige Säure verantwortlich. Diese liegt im sauren und neutralen pH-Bereich undissoziiert vor, erst mit steigendem pH-Wert zerfällt sie in H^+ und ClO^- -Ionen.

Die Konzentration im Becken sollte zwischen 0,3 und 0,6 mg/l betragen. In Warmsprudelbecken kann der Wert auch höher sein: bis 0,7 mg/l (höhere Zehrung/höherer Verbrauch durch höhere Temperatur und großen Lufteintrag). Durch Einsatz von unterstützender Desinfektion wie UV-Licht oder Ozon kann die Chlordosierung reduziert werden.

Gebundenes Chlor

Im Gegensatz dazu wird vom **gebundenen Chlor**, das nicht mehr zur Desinfektion zur Verfügung steht, sondern in Ammoniumverbindungen

(Stickstoffverbindungen) gebunden ist, der typische Schwimmbadgeruch, Augenrötungen und Hautreizungen verursacht.

Wichtig: Gebundenes Chlor kann nicht gemessen, sondern nur errechnet werden (auch dafür geeignete Messgeräte errechnen diesen Wert):

$$\text{Menge (Gebundenes Chlor)} = \text{Menge (Gesamtchlor)} - \text{Menge (Freies Chlor)}$$

Die Konzentration an gebundenem Chlor (Chloramine) sollte 0,2 mg/l nicht überschreiten. Für Trihalogenmethane (THM), die ebenfalls aus gebundenem Chlor entstehen können, ist im öffentlichen Bereich ein Grenzwert von 0,02 mg/l festgelegt. In Freibädern darf der Wert höher liegen, wenn zur Einhaltung der mikrobiologischen Anforderungen höhere Werte an freiem Chlor notwendig sind.

Redoxspannung: Sie ist ein Maß für die oxidierende bzw. desinfizierende Wirkung des vorhandenen Desinfektionsmittels unter Berücksichtigung der im Moment vorliegenden Verunreinigungen. Die Redoxspannung ist pH-Wert-abhängig und sollte deshalb immer zusammen mit dem pH-Wert dokumentiert werden.

Mit der Redoxspannung wird die Keimtötungsgeschwindigkeit ausgedrückt: Je höher die Redoxspannung, desto kürzer die Keimtötungsgeschwindigkeit.

Für einen pH-Wert-Bereich von 6,5 bis 7,3 soll die Redoxspannung mindestens 750 mV betragen (gemessen gegen eine Silber/Silberchlorit-Elektrode).

Die Redoxspannung sollte grundsätzlich kontinuierlich gemessen werden, da es nach Eintauchen der Elektrode bis zu 20 Minuten dauert, bis ein stabiler Wert angezeigt wird.

pH-Wert: Die sorgfältige Einhaltung des pH-Werts in den Grenzen zwischen 7,0 und 7,4 ist wichtig, um die Desinfektion und die Flockung optimal durch-

führen zu können und für das Wohlbefinden der Badegäste zu sorgen. Diese fühlen sich in Wasser mit einem pH-Wert, der dem des Säureschutzmantels der Haut entspricht, besonders wohl. Zu niedrig darf der pH-Wert aus Korrosionsschutzgründen nicht sein, bei höheren pH-Werten kommt es zu Kalkausfällungen, die vermieden werden sollen.

Auch für die Messung des freien Chlors ist der pH-Wert wichtig.

Damit der pH-Wert stabil bleibt, auch unter Zugabe von Flockungsmittelzusätzen bzw. Desinfektionsmitteln, sollte das Wasser über eine bestimmte Säurekapazität verfügen, die auf den pH-Wert puffernd wirkt. Eine Säurekapazität von 0,7 mmol sollte nicht unterschritten werden.

sopra-Programm

sopra-test-exklusiv/privat

Als Komplettsystem sind die sopra-test-Geräte zusammen mit zwei Dosierpumpen auf eine Platte montiert und intern verdrahtet.



sopra-test-exklusiv: Zur Messung der Parameter freies Chlor, pH-Wert, Redoxspannung mit Dosierpumpen zur Zugabe von Desinfektionsmittel und pH-Wert-Korrektur

Diesopra-test Geräte bestehen aus einem druckfesten Durchflussmodul, das bis zu drei Sensoren aufnimmt, und dem Elektronikmodul sopra-test. Das Durchflussmodul erlaubt jederzeit eine visuelle Kontrolle des Messwasserdurchflusses. Der integrierte „Multi

Sensor“ überwacht den konstanten Messwasserdurchfluss, erfasst die Messwassertemperatur und sorgt für einen großflächigen Potentialausgleich.



sopra-test privat: Zur Messung der Parameter freies Chlor und pH-Wert mit Dosierpumpen zur Zugabe von Desinfektionsmittel und pH-Wert-Korrektur

Das integrierte Durchflussregelventil gewährleistet konstanten Messwasserdurchfluss und in Verbindung mit der hydrodynamischen Sandreinigung der Sensoren langzeitstabile Messungen. Das Elektronikmodul verarbeitet und visualisiert die Messdaten.

Zusätzlich sind folgende Sicherheitsfunktionen integriert:

- Abschaltung der Chemikaliendosierung bei Messwasserab-/ausfall
- Abschaltung bei Ausfall der Umwälzung/ Rückspülung
- Abschaltung bei Gebinde-Leermeldung
- Dosierzeitüberwachung und Dosierverzögerung

Vorteile:

- Dosiermengenanzeige
- einfache Bedienung
- automatische Adaption der Regelparameter

sopra-test-light

Mit diesem Gerät stellt sopra ein Mess- und Regelgerät mit pH- und Redox-Elektrode vor, das speziell auf die Bedürfnisse des einfachen Privatschwimmbades zugeschnitten ist. Es verfügt über integrierte Schlauchpumpen zum Anschluss von Desinfektions- und pH-Korrekturmittel. Der Chlorgehalt wird in

Abhängigkeit von der Redoxspannung errechnet und auf dem Display angezeigt.



sopra-test-light: Kompakte Mess- und Regeleinheit für freies Chlor, pH-Wert und Redoxspannung mit integrierten Schlauchpumpen

Besonders hervorzuheben ist das übersichtliche Display. Auf einen Blick wird angezeigt, ob das Wasser den vorgegebenen Grenzwerten (pH, Redox, Chlorgehalt) entspricht (Anzeige leuchtet „grün“ oder „rot“). Das Display zeigt zusätzlich die Alarme für die pH- und Redox-Werte sowie den Betriebszustand der Schlauchpumpen an.

Messbereiche

Chlor: 0,2 ... 3,0mg/l

ph-Wert: 4,00 ... 9,00

Redox: 0 ... 1.000mV

Folgende Funktionen sind integriert:

- Codesgeschützte Parametrierung
- integrierter P-Regler zur Regelung des pH-Werts und der Chlordosierung für Schlauchpumpe
- Sicherheitsabschaltung bei Messwasserausfall oder Ausfall der Umwälzung
- Dosierverzögerungsfunktion
- Dosierzeitüberwachung in Hand- und Automatikbetrieb
- komplett in Kunststoffgehäuse IP 54, verdrahtet und geprüft
- Digitalanzeige für Messwerte und Menüführung
- Sprache wählbar: Deutsch, Englisch (Französisch, Italienisch und Spanisch)
- 2 Alarm-/Grenzkontakte

Vorteile:

- einfache Kalibrierung
- gutes Preis-Leistungs-Verhältnis durch anwendungsspezifische Funktionalität
- CE-konform (89/336/EWG)
- kein Messwasserverlust

5.3 soprazon-Elektrolyse

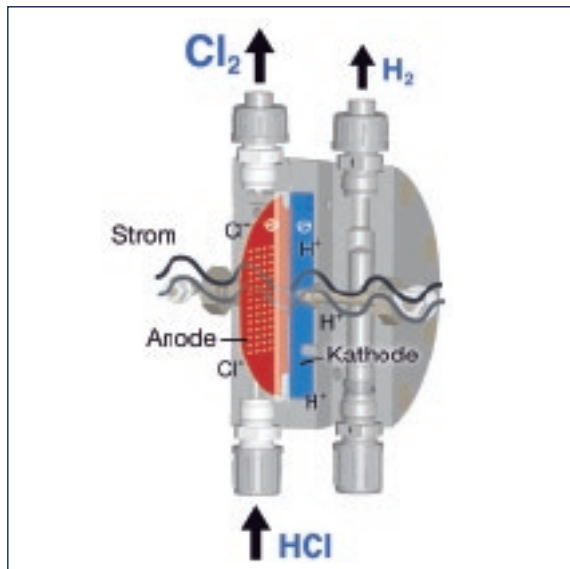
Das Desinfektionsmittel Chlor kann auf unterschiedliche Arten in das Beckenwasser zugegeben werden. Neben der Dosierung von Chlorbleichlauge (frische Lösung hat nur 12 – 13% aktives Chlor, bei längerer Lagerung und bei Lichteinwirkung nimmt der Chloranteil erheblich und rapide ab) und Chlorgas (nur öffentlicher Einsatz, in 50 – 65 kg Druckflaschen, hohe Sicherheitsauflagen, giftiger Stoff) besteht die Möglichkeit das aktive Chlor direkt vor Ort durch Elektrolyse zu erzeugen.

Bei den Chlor-Elektrolyseanlagen sind grundsätzlich vier verschiedene Typen zu unterscheiden:

- membranlose Anlagen, die Salzsole, Natursole oder Meerwasser zu Natriumhypochlorit umsetzen
- **Membran-Anlagen, die aus verdünnter Salzsäure eine wässrige Chlorklösung bereiten**
- Membran-Anlagen, die aus Salzsole eine Natriumhypochloritlösung von hoher Konzentration herstellen
- Durchflusselektrolyse-Anlagen, bei denen die Elektrolysezellen unmittelbar im Beckenkreislauf eingebaut sind (Anodische Oxidation). Sie erfordern eine Aufsalzung des Beckenwassers und dafür geeignete Badewassertechnik

Während membranlose Elektrolyse-Anlagen beispielsweise in Meerwasser-Schwimmbädern eingesetzt werden und Membran-Anlagen unter Verwendung von angesetzter Sole oftmals in größeren Schwimmbädern, kommen die Membran-Elektrolyse-Anlagen mit verdünnter Salzsäure bevorzugt in kleineren Schwimmbädern und Privatbädern vor.

Die Elektrolyse-Anlagen gelten aufgrund des Komforts, den sie bieten, als „elegante“ Form der Desinfektion und sind im Privatbad besonders beliebt. Aus ungefährlichen Ausgangsstoffen wird hierbei automatisch hochaktive hypochlorige Säure hergestellt. Die Umsetzung der eingesetzten verdünnten Salzsäure zu Chlor bzw. zu hypochloriger Säure findet in der Elektrolysezelle, dem Herzstück der Anlage, statt:



Der gasförmige Wasserstoff wird sicher über eine Leitung ins Freie abgeführt.

Die mittels Elektrolyse hergestellte hypochlorige Säure ist besonders stabil und rein. Unerwünschte Neben- und Zerfallsprodukte wie Bromat und Chlorat entstehen nicht.

sopra-Programm

Die **soprazon-Anlage** ist eine Elektrolyse-Anlage, mit der hypochlorige Säure hergestellt wird: Mit Leistungen von bis zu 25 bzw. 50 g/h Chlor je nach Anlagenausführung ist die soprazon-Anlage vor allem für private Schwimmbecken, Tauchbecken und Whirlpools geeignet.

Die einfach zu bedienenden automatischen Anlagen zeichnen sich besonders durch ihre Sicherheit aus:

Damit ist sowohl die Sicherheit in der Wirksamkeit als auch die Sicherheit im Betrieb gemeint.



Verschiedene Einstell- und Überwachungsmöglichkeiten, sowie ein integriertes Chlorgasüberwachungsgerät garantieren höchste Betriebssicherheit.

Vorteile:

- keine Bevorratung von instabilen gefährlichen Chemikalien
- hohe Produktausbeute, niedrige Betriebskosten
- Kompaktbauweise, geringer Platzbedarf
- einfache Montage und Inbetriebnahme
- geringer Bedienungs- und Wartungsaufwand

5.4 UV-Verfahren

Der Einsatz von UV-Systemen im Schwimmbad geht in der Regel mit einer Einsparung an Desinfektionsmitteln einher. Dies ist aus wirtschaftlicher Sicht wünschenswert, aber auch, weil für Chemikalien das Minimalprinzip gilt: Sie sollen nur in möglichst geringen Mengen verwendet werden.

Die Alternative ist die Behandlung des Schwimmbadwassers mit UV-Licht.

Die UV-Technologie wird vor allem in privaten, aber auch vermehrt in öffentlichen Schwimmbädern und

auch in Whirlpools eingesetzt. Sie wirkt gleichermaßen bei allen Wassertemperaturen.

Im öffentlichen Bereich ist die DIN 19643 zu beachten. Die UV-Technologie kann zur Einhaltung/Reduzierung der gebundenen Chlorwerte eingesetzt werden.

Wirkungsweise, Verfahren

Der UV-C-Strahler wird in die Reinwasserleitung eingebaut, so dass gefiltertes Wasser behandelt wird. Das gesamte Schwimmbadwasser strömt durch das Desinfektionssystem und wird dort mit einer intensiven UV-C-Strahlung behandelt.

Die Strahlung enthält so viel Energie, dass sie Bakterien abtöten kann. Ihre bakterizide Wirkung beruht auf elektromagnetischer Strahlung. Die UV-C-Lampen emittieren kurzwellige ultraviolette Strahlung (253,7 nm), die Bakterien, Viren und andere Organismen neutralisiert, inaktiviert und damit ihre Vermehrung unterbindet.

Außerdem initiiert das UV-C-Licht Foto-Oxidationsreaktionen, die Chloramine zerstören, ohne weitere Chemikalien hinzuzufügen und damit das Wasser negativ zu beeinflussen. Chloramine sind für den typischen Chlorgeruch und die Reizung von Schleimhäuten und Augen verantwortlich.

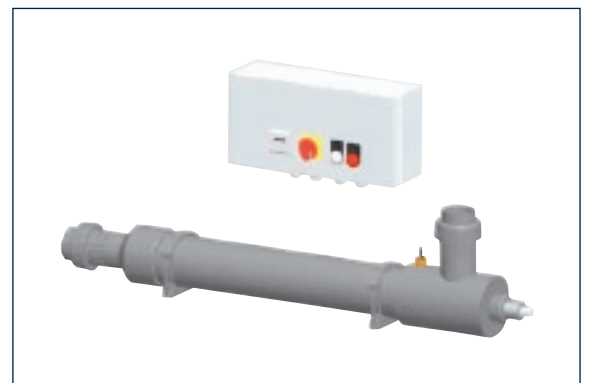
Vorteile:

- weniger Desinfektionsmitteleinsatz. Für die Depotwirkung im Becken ist nur noch eine geringe Nachdesinfektion notwendig
- Reduzierung des gebundenen Chlors und damit des typischen Chlorgeruchs
- innerhalb von Sekunden wirksam
- keine Bildung von Nebenprodukten; daher klareres, sauberes und frischeres Wasser
- geringe Wartungs-, Investitions- und Betriebskosten
- von pH-Wert und Temperatur unabhängige Desinfektionswirkung
- keine Überdosierung möglich

Voraussetzungen an die Anlagentechnik:

- optimal gefiltertes klares Wasser (siehe Kapitel 4 „Filtertechnik“)
- kurzzeitige Beckenumwälzung
- sehr gute Beckenhydraulik, möglichst ohne Totzonen (siehe Kapitel 3 „Wasserführung“)

sopra-Programm



sopra UV-C-Desinfektionsanlagen besitzen ein Gehäuse aus Kunststoff mit integrierter optischer Funktionskontrolle und Anschlussverschraubungen aus PVC.

Die eingebauten hochwertigen UV-Strahler stehen für eine sehr lange Lebensdauer von bis zu 9000 Stunden mit auch am Lebensende noch hoher Ausbeute. Das Leistungsspektrum reicht von 40 W bis 200 W für Becken bis zu 100 m³ Wasserinhalt und Durchflussleistungen bis zum 40 m³/h.

5.5 Weitere Desinfektionsverfahren

Chlorgas

Beim Chlorgasverfahren wird Chlor gasförmig und als Chlorklösung mit Wasser vermischt eingesetzt. Chlorgas wird in 50 – 65 kg-Druckflaschen unter hohen Sicherheitsauflagen eingesetzt und ist ein giftiger Stoff. Daher kommt es im Privatbad nicht zum Einsatz.

Natriumhypochlorid

Für die Desinfektion von Schwimmbeckenwasser kann Natriumhypochloridlösung, auch Chlorbleichlauge genannt, verwendet werden, wie sie im Handel erhältlich ist. Die frische Lösung hat einen Gehalt an Aktivchlor von ca. 12 – 13%, bei längerer Lagerung und bei Lichteinwirkung nimmt die Wirksamkeit erheblich und rapide ab. Dies ist ein Nachteil dieses Verfahrens und bei der Dosierung bzw. Verwendung zu beachten.

Ozonung

Ozon gehört zu den oxidativ wirkenden Desinfektionsmitteln. In den zur Badewasserdesinfektion notwendigen Konzentrationen ist Ozon für den Menschen gesundheitsschädlich; daher muss Ozon nach der Einwirkung im Umwälzkreislauf vor Wiedereinleiten des Badewassers in das Becken durch z. B. Aktivkohlefiltration oder UV vollständig aus dem Wasser entfernt werden. Da angesichts der kontinuierlichen Verunreinigung des Beckenwassers auch eine kontinuierliche Desinfektion des Beckenwassers gesichert sein muss, kann im Falle einer Oxidation des Umwälzwassers mit Ozon auf die zusätzliche Chlordosierung zur Desinfektion des Beckenwassers dennoch nicht verzichtet werden.