Die Chlorung in der Wassertechnik

Eine technische Zusammenfassung für Wasserfachleute im Bereich Trinkwasser, Badewasser und Reinwasser.

Disproportionierung von Chlor (Cl_2) im Wasser (freies Chlor)

Gibt man dem Trinkwasser oder Badewasser Chlor (Cl2) zu disproportioniert* das Chlor in folgende Spezies.

Total Cl = $2[Cl_2\ (aq)] + [HOCl] + [OCl^-] + [Cl^-]$

Diese Chlorspezies wird **freies Chlor** genannt.

Die Relative Konzentration Cl_2 nimmt mit zunehmendem pH Wert ab.

Desinfiszierende Chlor Spezies im Trinkwasser oder Badewasser ist HOCl. OCl^- ist weniger bakterizid, da es schlechter in das Zellinnere der Bakterien eindringt als das ungeladene HOCl-Molekül.

Der Anteil an OCl^- ist bei höherem pH Wert (pH 8) des Wassers grösser und dadurch die Chlor effizienz geringer als bei tieferen pH Werten (pH 7) vor allem HOCl vorherrscht. Deshalb sollte Badewasser mit pH zwischen 6.5 und 7.5 eingestellt werden.

Bei einem meßbaren Gehalt von 1,0 mg / l freies Chlor sind davon verfügbar:

pH-Wert	7,0 = 76%
pH-Wert	7,4 = 56%
pH-Wert	7,6 = 45%
pH-Wert	8,0 = 24%

* Disproportionierung = Bei der chemischen Reaktion der Disproportionierung, tritt im Rahmen einer Redoxreaktion ein Element gleichzeitig als Oxidationsmittel und als Reduktionsmittel auf, so dass es vorher in einer mittleren Oxidationsstufe, nachher teils in einer erhöhten und teils in einer niedrigeren Oxidationsstufe vorliegt. Die Atome werden also teils oxidiert, teils reduziert.

Desinfektionsnebenprodukte (gebundenes Chlor)

Bei der Chlorung entstehen sogenannte Desinfektionsnebenprodukte. Die wichtigsten sind: Chloramine (z.B. Trichloramine) & Trihalogenmethane (z.B. Chloroform).
Chloramine (oder gebundenes Chlor) entstehen durch Reaktion von Chlor mit stickstoffhaltigen Verbindungen. In Schwimmbädern bilden sich Chloramine z. B. durch die Reaktion von Chlor, Harnstoff, Kreatinin und Aminosäuren. Sie verursachen Augenreizungen der Schwimmer und den

typischen Schwimmbadgeruch. Im Schwimmbadkreislauf erfolgt der Abbau durch Adsorption an Aktivkohle oder durch Zerlegung mit Ultraviolettstrahlung.

Die Desinfektionswirkung des gebundenen Chlors ist wesentlich geringer als die des freien Chlors. Der Gehalt an gebundenem Chlor sollte deshalb so gering wie möglich gehalten werden. Den teilweisen Abbau des gebundenen Chlors erreicht man durch eine Stoßchlorung, die regelmäßig durchgeführt werden sollte.

Dosiermenge Chlor für Badewasser:

In Deutschland wird die Wasserqualität von Beckenbädern nach der DIN 19643 geregelt. Danach müssen 0,3 bis 0,6 Milligramm (mg) freies Chlor pro Liter Schwimmwasser im Schwimmbecken sein, in Whirlpools 0,7 bis 1,0mg pro Liter. Gebundenes Chlor und Trihologenmethane dürfen je maximal 0,2 mg/l im Schwimmwasser vorkommen.

Die Herstellung von Hypochlorit

Bei der Reaktion von Chlor in Natronlauge wird eines der beiden Chlor-Atome des Chlormoleküls mit der Oxidationszahl 0 zum Chlorid-Ion mit der Oxidationszahl −I reduziert, das andere Chlor-Atom zur Oxidationsstufe +I (Hypochlorit-Ion) oxidiert.

$$\overset{\pm 0}{Cl_{2\,(g)}} + 2\ NaOH_{(aq)} \xrightarrow{\nabla} \overset{-I}{NaCl_{(s)}} + \overset{+I}{NaClO_{(s)}} + H_2O_{(l)}$$

Chlor reagiert in kalter Natronlauge zu **Natriumchlorid**, **Natriumhypochlorit** und **Wasser** (exotherm).

Sonstige Parameter bei Schwimmbadwasser:

pH-Wert	6,5 bis 7,6
E. coli	nicht nachweisbar in 100 ml
Pseudomonas aeruginosa	n.n. in 100 ml
Legionella pneumophila	n.n. in 100 ml
Nitrat im Füllwasser	≤ 20 mg/l

Chlorprodukte:

Chlorgas	Aus Stahlflaschen; Sicherheitstechnisch aufwendige Lagerung
Natriumhypochlorit	Flüssigdosierung, Haltbarkeit beschränkt
Chlor Elektrolyse	Aus Natriumchlorid (Salz) wird Natriumhypochlorit erzeugt
Chlordioxid	Flüssigdosierung, keine AOX Bildung, effizienz steigt mit zunehmendem pH. Bessere Oxidationswirkung als Chlor.