

Das Poolaris® Pool-Lexikon

Der pH-Wert

Warum ist der sooooo wichtig?

Den Hinweis dafür, dass Ihr Schwimmbadwasser und alles drum herum nur dann in Ordnung sein kann, wenn der pH-Wert stimmt, den bekommen Sie täglich aus Broschüren, Büchern und nicht zuletzt von Ihrem Fachhändler zu hören. Mit Recht! Aber warum ist das so?

Naja, mal ist Wasser eben **sauer** und manchmal eben **alkalisch** (basisch), das weiß man noch aus der Schule. Aber was hat das mit meinem Schwimmbad zu tun?

Natürliches Wasser ist niemals rein!

Regenwasser und Schnee enthalten Staub, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlendioxid, Schwefeldioxid und Spuren von Ammoniumnitrat. Quell-, Fluss- und Grundwasser enthalten 0,01 bis 0,2% gelöste Stoffe wie Kalzium- und Magnesiumsalze als (Härtebildner). Im Meerwasser sind etwa 3,5% Salze gelöst, (Ostsee 1%, Totes Meer 30%) Selbst am Kap Horn, wo Atlantik und Pacific aufeinander treffen, kann man zwei verschiedene pH-Werte messen.

Wir haben also Verunreinigungen in Form **gelöster Gase** als auch in Form **gelöster Salze**. Die Gase reagieren mit Wasser unter Bildung von **Säuren**. Schwefeldioxid mit Wasser zu schwefeliger Säure, Kohlendioxid mit Wasser zu Kohlensäure. Diese kontaminierten Niederschläge nennt man auch "**Saurer Regen**".

Er löst im Erdreich und Gestein bestimmte Stoffe und bildet Salze, die wir gelöst im Grundwasser wiederfinden. (Härtebildner)

Wasserhärte :

In Gegenden mit stark kalkhaltigem Gestein oder gipshaltigen Böden, sind es vor allem Magnesium- und Calciumionen die die Härte des Wassers bestimmen. Zur Angabe von **Härtegraden** werden der Calcium und der Magnesiumgehalt auf Calciumoxid umgerechnet.

D.h. **1°dH** (1 Grad deutscher Härte) bedeutet einen Gehalt von **10 mg CaO in 1 ltr. Wasser**. Dieses entspricht 7,15 mg Calcium bzw. 4,34 mg Magnesium.

Sehr weiches Wasser = 0-4°d.H , Weiches Wasser= 4-8°dH. , Mittelhartes Wasser 8-12°dH. , Ziemlich hartes Wasser 12-18°dH , Hartes Wasser 18-30°dH , Sehr hartes Wasser über 30°dH.

Salze sind Verbindungen die auf Ionenbindung beruhen und im festen Zustand Ionengitter bilden. Die Gitterbausteine sind elektrisch geladene Teile, die Ionen. Werden diese Salze nun in Wasser gelöst, zerfällt das Ionengitter in einzelne Ionen. (z.B. Kochsalz = NaCl , besteht aus Natriumionen (Na+) und Chlorionen (Cl-) und zerfällt durch elektrolytische Dissoziation in wässriger Lösung in diese Ionen. Bei der Dissoziation in Wasser spalten Säuren positiv geladene Wasserstoffionen (H+ Ionen) ab und negativ geladene Säurereste (z.B.CO₃), während Salze positiv geladene Metallionen (z.B. Na+) und negativ geladene Hydroxidionen (OH-) abspalten.

Sauer reagiert ein Wasser bei Wasserstoffionen-Überschuss !

Alkalisch reagiert ein Wasser bei Hydroxidionen-Überschuss !

In äußerst geringem Maße unterliegt das Wasser selbst auch der elektrolytischen Dissoziation:



In einem Liter Wasser sind bei 22°C nur **10⁻⁷ Mol** (Grammion) **Wasserstoffionen** und **10⁻⁷ Mol** (Grammion) **Hydroxidionen** dissoziiert. Für alle wässrigen Lösungen besteht ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen:

- der Aktivität der Wasserstoffionen (wirksame Konzentration) und
- der Aktivität der Hydroxidionen (wirksame Konzentration) .

Das Produkt aus der Aktivität der Wasserstoffionen und der Aktivität der Hydroxidionen ist für wässrige Lösungen bei gleicher Temperatur konstant! Das Ionenprodukt des Wassers :

$$(\text{H}^+) \times (\text{OH}^-) = \text{konstant}$$

Das Ionenprodukt des Wassers errechnet sich folglich aus :

$$10^{-7} \text{ Mol / L} \times 10^{-7} \text{ Mol / L} = 10^{-14} \text{ Mol}^2 / \text{L}^2$$

Das Ionenprodukt des Wassers gilt nicht nur für reines Wasser, sondern für alle wässrige Lösungen, also auch für Lösungen von Basen (Laugen) Säuren und Salzen.

In einer **Säure** ist die Aktivität der **Wasserstoffionen** größer als $10^{-7} / \text{l}$, folglich muss die Aktivität der **Hydroxidionen** kleiner sein als 10^{-7} .

In einer **Lauge** ist die Aktivität der **Hydroxidionen** größer als $10^{-7} / \text{l}$, folglich muss die Aktivität der **Wasserstoffionen** kleiner sein als $10^{-7} / \text{l}$.

Da mit der Aktivität der Wasserstoffionen einer wässrigen Lösung auch immer die Aktivität der Hydroxidionen gegeben ist, nimmt man die Wasserstoffionen als Maß für Lösungen mit saurem Charakter als auch mit basischem Charakter.

Folglich ist :

- in sauren Lösungen die Wasserstoffionenkonzentration größer als 10^{-7} Mol/l
- in neutralen Lösungen die Wasserstoffionenkonzentration gleich 10^{-7} Mol/l und
- in basischen Lösungen die Wasserstoffionenkonzentration kleiner als 10^{-7} Mol/l .

Anstelle der Wasserstoffionenkonzentration gibt man Heute den **pH-Wert** an .
(pH = lat. pondus hydrogenii, Gewicht des Wasserstoffs/ oder potentia hydrogenii, Wirksamkeit des Wasserstoffs.)

Der pH-Wert ist der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionenaktivität.

$$\text{pH} = - \lg (\text{H}^+)$$

Nach dieser Gleichung kann die Wasserstoffionenaktivität leicht in den pH-Wert umgerechnet werden :

Beispiel :

Wasser (H^+) = 10^{-7} Mol / l	Säure (H^+) = 10^{-4} Mol/l	Lauge (H^+) = 10^{-12}
Mol/lpH = - lg 10^{-7} Mol/l pH = 7	pH = - lg 10^{-4} Mol/l pH = 4	pH = -lg 10^{-12} Mol/l pH = 12

Der pH-Wert ist ein Maß für den schwach sauren oder schwach basischen Charakter von wässriger Lösungen.

Lösungen mit einem **pH-Wert kleiner als 7** reagieren sauer.

Lösungen mit einem **pH-Wert von 7** reagieren neutral.

Lösungen mit einem **pH- Wert größer als 7** reagieren basisch (alkalisch).

Der pH-Wert kann auf elektrochemischem Wege oder durch Indikatoren gemessen werden.

Bei der Schwimmbadwasseraufbereitung ist sicherlich dieser pH-Wert, gemessen auf elektrochemischen Wege oder über Indikatoren, ein sehr wichtiger Parameter. Er stellt die Vorausbedingungen sicher, die zur optimalen Wirksamkeit der eingesetzten Wasserpflegeprodukte beitragen. Dabei ist die Aussage - optimal - nicht mit maximal gleichzusetzen !

Ausgehend vom Neutralpunkt pH-7 definiert sich der pH-Wert nach ==> 0 zunehmend sauer und nach ==> 14 zunehmend alkalisch.

Der Ideale pH-Wert für den Schwimmbadbereich liegt zwischen **7,0 und 7,2** , beim Einsatz von **Flockmitteln** ist ein pH-Wert von **7,0** von Vorteil , jedoch nicht darunter. **Zu niedrige pH-Werte machen Wasser regelrecht aggressiv.** Der

Verbrauch an Wasserpflegeprodukten steigt, Augen-, Schleimhaut- und Hautreizungen treten auf, das Wasser verursacht Korrosion. Die Höhe des pH-Wertes entscheidet bei der Chlorung von Schwimmbadwasser ebenso über das Entstehen der Art von Chlormethanen. Diese sind nicht nur sehr gesundheitsschädlich, sie verursachen auch den unangenehmen "Schwimmbad-/Hallenbadgeruch". Eines der problematischsten von den ca. 100 DNP (Desinfektions-Nebenprodukte) ist hier das **Trichloramin**. Es entsteht bei einem pH-Wert unter 5, abhängig von der Menge an freiem Chlor im Wasser. Die weniger kritischen Mono- und Dichloramine entstehen bei höheren pH-Werten.

Man könnte jetzt in den Fehler verfallen, zu behaupten, daß man niemals so einen tiefen pH-Wert im Wasser erreicht.

„Das ist ein Trugschluß! Sicherlich können sich Trichloramine nicht im Wasser bilden, da der pH-Wert zu hoch ist, jedoch hat jede Oberfläche, die im direkten Kontakt mit Schwimmbadwasser steht, einen dünnen **Biofilm**, indem ein saurer pH-Wert vorherrscht. In diesem Biofilm bilden sich die Trichloramine **Umso dicker der Biofilm desto größer die gebildete Menge an Trichloraminen.**“ Auch in Rohren und Schläuchen, sogar in Silikonsch

Die mit Abstand größte Oberfläche im System Schwimmbad bildet der Sandfilter.

Jeder Kubikmeter Sand hat eine Oberfläche von ca. 3000 m² und bildet somit einen hervorragenden Nährboden für das Wachstum von Bakterien. Diese bilden eine Symbiose. Einer gibt "Zucker", der andere "Stärke" ab. Es bildet sich das sogenannte Alginat, eine gallertartige Masse, die die Bakteriensymbiose, auch EPM (extrazelluläre, polymere Matrix) genannt, vor der Oxidation durch Chlor schützen soll.

Diese **Biomasse** wird umso saurer, desto dicker sie wird. Das heißt, umso dicker der Biofilm (durch falsche oder ungenügende Rückspülung, Chlorung, Pflege, Reinigung, Filterzeit etc.) umso tiefer der pH-Wert, desto höher der Anteil von Trichloraminen an den Chlor-Stickstoffverbindungen im Wasser.

Bei der Anwendung von Chlorprodukten kommt es aufgrund des höheren Verbrauchs an Chlor und des **niedrigen pH-Wertes auch zu Korrosion an Edelstahlteilen!** Beachten Sie unbedingt den Herstellerhinweis über die Höhe der Chloridionen-Konzentration, da sie sonst die Garantieansprüche verlieren. Die Wirksamkeit der Wasserpflegeprodukte nimmt mit steigendem pH-Wert ab! Bei Wässern über 10° dH fällt Kalk aus, das Wasser wird milchig und sie haben mit Kalkablagerungen zu kämpfen. (Böden, Wände, Abdeckungen, Fugen etc.) Der hohe pH-Wert hat Laugencharakter. Er zerstört ihren natürlichen Säureschutzmantel der Haut durch Fettlösung und greift Augen und Schleimhäute stark an.

Alkalinität

Oft unterliegt der ideale pH-Wert erheblichen Schwankungen.

Das liegt an einer nicht idealen Alkalinität des Wassers. Carbonate und Bicarbonate im Wasser werden vorwiegend von Calcium, Magnesium und Natriumionen gebildet, genauso wie Chloride und Sulfate.

Die Summe aller Karbonate und Bikarbonate im Wasser werden durch die Alkalinität gekennzeichnet. Sie bilden im Bezug auf häufige pH-Wert-Schwankungen das **Wassergleichgewicht**. Weder die Karbonathärte noch die Gesamthärte sind für das Wassergleichgewicht voll aussagefähig. Die Gesamthärte zählt auch nichtrelevante Stoffe wie Chloride und Sulfate auf, während die Karbonathärte die Natriumionen vernachlässigt

Die ideale Alkalinität liegt bei 100 -150 ppm.

In diesem Bereich läßt sich das Wasser noch leicht regeln, da es gegen zu häufige pH-Wert-Schwankungen "gebuffert" ist. Wasser mit zu niedriger Alkalinität neigt zu häufigen pH-Wert-Schwankungen, die die Aufrechterhaltung eines optimalen Schwimmbadwassers erschweren. Um den pH-Wert zu ändern genügen oft recht kleine Mengen an pH-Wert-Regulativ, jedoch muß nach kürzester Zeit bereits wieder nachreguliert werden.

Überproportional große Mengen an pH-Wert-Regulativ benötigt man bei zu hoher Alkalinität, wenn man den pH-Wert einstellen möchte. Eine einmal eingestellte Alkalinität ist relativ stabil, so daß sie im Regelfall (privat) einmal im Monat überprüft und evtl. nachgeregelt werden muß.

Resümee : Erst die Einstellung der Alkalinität, dann den pH-Wert, dann die Desinfektion !

Achtung! Besonders bei neugefliesten Becken soll die Zugabe von größeren Mengen Säure (pH-Minus/pH-Senker) nur in kleinen Einheiten erfolgen. Der hochalkalische Fugenmörtel gibt während der ersten Wochen nach der Inbetriebnahme hohe Dosen an Alkalität an das Schwimmbadwasser ab, was zu einem erhöhten Anstieg des pH-Wertes führt.

Um Kalkablagerungen und Trübungen zu vermeiden, sollten sie den pH-Wert vorerst täglich messen und evtl. korrigieren.

Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht nach Tillmanns

(Kalk - Kohlensäure - Gleichgewicht bei entsprechendem pH-Wert)

Karbonathärte (°dKH) (Von ihrem Wasserversorger)	Gleichgewichts-pH-Wert (Meßbar mit DPD-Methode)	CO2 (Errechnet)
20	7,0	108
16	7,2	54
15	7,3	44

13	7,4	27
12	7,5	20
11	7,6	15
10	7,7	11
9	7,8	7,6
8	7,9	5,5
7	8,0	3,0
5	8,2	1,8

ACHTUNG !

**1°dH produziert 18g Calciumcarbonat pro 1 Kubikmeter Wasser !
(1Grad deutscher Härte produziert 18 gr. Kalk pro 1000 ltr. Beckenwasser)**

Senkt man in einem Schwimmbad mit 40 Kubikmeter (Ca. 4,0 x 8,0 x 1,50 m) Füllung die Karbonathärte nur um 2°dKH durch Entweichen von Kohlensäure, so erhält man ca. 1,5 kg Kalkausfällungen !

18 x 40 x 2 Ausfällungen = ----- = 1,44 kg (Ca Co3) Kalk !!!

Um diese Ausfällungen zu vermeiden, Ihre Rohrleitungen , Pumpen und Becken zu schützen, muß der pH-Wert reguliert und die Alkalinität beachtet werden. Der pH-Wert reguliert weiterhin das Verhältnis zwischen aktivem und inaktivem Chlor welches sich als Gesamtchlor im Schwimmbadwasser befindet.

Der Anteil an aktivem Chlor unterhalb des Neutralpunktes von 7,0 pH nimmt zwar zu, jedoch werden Metalle, Leitungen, Motoren und hydraulisch gebundene Fugen stark angegriffen. Die Haut und die Schleimhäute leiden. Mit zunehmendem pH-Wert über 7,0 nimmt der Anteil des aktiven Chlors gegen über dem inaktiven ab, jedoch bildet er bei 7,0-7,2 ein Optimum bei der Abwägung aller Für und Wider.

Bei der Verwendung von Flockmitteln sollte der pH-Wert in der Nähe des Neutralpunktes liegen, da hier das Flockmittel seine höchste Wirksamkeit entwickelt.