

Am Anfang war das Wasser

Eine Fibel für Schwimmbadbesitzer
K.-H. Barth

„Die berühmteste Formel sowieso ist und bleibt das H₂O“ Die kennt Jeder noch aus dem Chemieunterricht.

Dahinter steckt nichts anderes als eine Verbindung von Sauerstoff O (für Oxygenium) und Wasserstoff H (für Hydrogenium). Die Zahl 2 in der Mitte der Formel besagt, das 2 Wasserstoffatome sich mit einem Sauerstoffatom zu einem Molekül Wasser verbunden haben.

Reines Wasser ist bei Normaltemperatur flüssig, farb-, geschmack- und geruchlos. Wir Menschen selbst bestehen bis zu 70% aus Wasser und ein Leben für Tiere und Pflanzen wäre ohne dieses „Lebensmittel“ nicht denkbar. Es kann durch nichts ersetzt werden!

Ein Leben auf der Erde ohne Wasser ist nicht denkbar. Neben dem wichtigsten Ernährungsstoff für Pflanzen, Tiere und Menschen dient es der Hygiene über die Körperpflege sowie der gesamten Industrie und dem Gewerbe als unabdingbarer Grundstoff.

Deshalb ist eines der wichtigsten Aufgaben der Menschheit , dafür zu sorgen, dass Wasser immer in bester Qualität, ausreichender Quantität, zur rechten Zeit am Ort an dem es benötigt wird, vorhanden ist. Das in der Natur vorkommende Wasser in Bächen, Flüssen, Seen, Meeren oder als Eis in Gletschern , Treibeis oder Landeis auf den Kontinenten, ist nur zu einem ganz geringen Teil wirklich rein und zum Gebrauch geeignet. In dicht besiedelten Zivilisationen sind heute bereits die durch Sedimente gefilterten Tiefenwässer mit Resten der übertriebenen Düngung und Pestizideinsätze so stark kontaminiert, dass sie für den Verbrauch aufgearbeitet werden müssen.

Unter dem Gesichtspunkt der Verwendung des Wassers durch die zivilisierten Communities lassen sich die folgenden Wasserarten unterscheiden:

- **Rohwasser:** Das Wasser vor der Aufbereitung.
Im Schwimmbad das Wasser welches von der Pumpe dem Filter zugeführt wird.
- **Reinwasser:** Wasser nach der Aufbereitung.
Im Schwimmbad das Wasser welches von der Pumpe, nach dem Filtern, dem Becken zurückgeführt wird.
- **Trinkwasser:** Für den menschlichen Genuss und Gebrauch geeignetes Wasser,
*das bestimmte in Gesetzen und Normen festgelegte Eigenschaften aufweisen muss. (**Infektionsschutzgesetz IfSG**)*

§ 37 Abs. 1+2 IfSG

- (1) *Wasser für den menschlichen Gebrauch muss so beschaffen sein, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit, insbesondere durch Krankheitserreger, nicht zu besorgen ist.*
- (2) *Wasser, das in Gewerbebetrieben, öffentlichen Bädern sowie in sonstigen nicht ausschließlich privat genutzten Einrichtungen zum Schwimmen oder Baden bereitgestellt wird*
 1. *in Schwimm- oder Badebecken oder*
 2. *in Schwimm- oder Badeteichen, die nicht Badegewässer im Sinne der [Richtlinie 2006/7/EG](#) des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Februar 2006 über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung und zur Aufhebung der [Richtlinie 76/160/EWG](#) (ABl. L 64 vom 4.3.2006, S. 37; L 359 vom 29.12.2012, S. 77), die zuletzt durch die [Richtlinie 2013/64/EU](#) (ABl. L 353 vom 28.12.2013, S. 8) geändert worden ist, sind,*

muss so beschaffen sein, dass durch seinen Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit, insbesondere durch Krankheitserreger, nicht zu besorgen ist.

Bei Schwimm- oder Badebecken muss die Aufbereitung des Wassers eine Desinfektion einschließen.

Bei Schwimm- oder Badeteichen hat die Aufbereitung des Wassers durch biologische und mechanische Verfahren, die mindestens den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen, zu erfolgen.

3. *Wassergewinnungs- und Wasserversorgungsanlagen, Schwimm- oder Badebecken und Schwimm- oder Badeteiche einschließlich ihrer Wasseraufbereitungsanlagen unterliegen hinsichtlich der in den Absätzen 1 und 2 genannten Anforderungen der Überwachung durch das Gesundheitsamt.*

- **Nutzwasser:** Wasser zum Verbrauch aus dem Leitungsnetz für Haushalt und Gewerbe.
Bei der Nutzung von Leitungswasser in der Landwirtschaft, Gewerbe oder Industrie spricht man von Betriebswässern.
- **Badewasser :** Schwimmbadwasser, Whirlpoolwasser, Wasser in Tauchbottigen und Wellnessanlagen
ist Füllwasser, Wasser, das zum Füllen von Schwimmbecken sowie Becken jeder Art dient .Wasser, das sich im Becken befindet und von der Aufbereitungsanlage bearbeitet wurde.
- **Abwasser:** Durch häuslichen, gewerblichen und industriellen Gebrauch verschmutztes Nutzwasser.
Es dient auch als Oberbegriff für Schmutz- und Niederschlagswasser.

Das zur Verfügung stehende Wasser wird qualitativ durch seine Inhaltsstoffe bestimmt. Diese kommen in allen drei Aggregatzuständen , gasförmig, flüssig und fest darin vor. Die in der Natur vorkommenden Oberflächen-, Grund-, Quell- und Tiefenwässer müssen heute bereits als Rohwasser betrachtet werden , da sie durchaus als „Salzlösungen“ verdünnter Art bezeichnet werden können. Um dieses Wasser im Sinne des Infektionsschutzgesetzes brauchbar zu machen, bedingt es einer effektiven und erfolgssicheren Wasseraufbereitung.

Für das Schwimmbadwasser bedeutet das Trinkwasserqualität ! (§ 37 IfSG)

Natürlich ist in erster Linie die Qualität des Wassers durch seine Nutzung bestimmt. Deshalb werden bestimmte Inhaltstoffe und ihre Konzentrationen , je nach Nutzung des Wassers, verschieden bewertet und in verschiedenen Grenzwerten nach oben und unten festgelegt.

Schwimmbadwasser

Schwimmbadwasser muss Trinkwasserqualität haben, ohne Kompromiss . Das sich im Kreislauf befindliche Schwimmbadwasser und seine permanente Nutzung zum Baden, erfordert eine kontinuierliche Aufbereitung und Desinfektion(DIN 19643/1-4) des sich im Filterkreislauf befindlichen Wassers. Die Erfüllung der geforderten Werte , sowie die Gesundheit und das Wohlbefinden der Badegäste sind sowohl mit physikalischen als auch chemischen Aufbereitungsmethoden sicher zu stellen. Neben der Filterung und Flockung ist der Einsatz von Chemikalien zur Desinfektion unabdingbar.

Das Bundesseuchengesetz [7] , ersetzt durch das IfSG (§ 37) fordert, dass eine Gefährdung der menschlichen Gesundheit durch Krankheitserreger nicht zu befürchten sein darf.

Die Parameter zur Beurteilung der Qualität des Badewassers, erfolgt auf der Grundlage der DIN 19643/

1-4/ 1997 (Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser). Eine neue , noch nicht

Verabschiedete EU-Verordnung über die Aufbereitung von Schwimmbeckenwasser liegt zwar vor, ist jedoch von den Gremien noch nicht verabschiedet.

Zugelassen sind der Einsatz von Chlorgas, anorganischen Chlorprodukten, Flockmittel (Koagulationsmittel), Säuren zur pH-Regulation, Alkalien zur pH-Regulation und Ozon.

Die Qualitätsparameter stehen in Abhängigkeit zueinander. „So korreliert der Gehalt an gebundenem Chlor, der selbst von der Art der Aufbereitung abhängig ist, mit der Oxidierbarkeit, die über den Wert des Füllwassers bestimmt wird, und dem Gehalt an Ammonium (NH₄⁺)“.

Nur eine automatische Prozesssteuerung bei der Badewasseraufbereitung kann die Einhaltung der sogenannten Hygienespiegel sichern. Sie sollte programmgesteuert, personenunabhängig und ununterbrochen arbeiten. Das permanent gemessene Ergebnis sollte in Klarschrift ablesbar sein und, wenn notwendig, gespeichert und/oder gedruckt werden.

Es ist sicherzustellen, dass die Sollparameter freies Chlor, pH-Wert und die Redoxspannung im geforderten, von der DIN 19643 bestimmten Verhältnissen zueinander stehen. Das ist durch kontinuierliche Prozess-, und regelmäßige Hygienekontrolle sicherzustellen.

Beschaffenheit von Schwimmbadwasser

- Es muss frei sein von Krankheitserregern, d. h., es darf in 100 ml keine Escherichia coli, coliforme Keime oder Fäkalstreptokokken enthalten.
- Die Kolonienzahl darf unter bestimmten Bedingungen den Richtwert von 100 pro ml nicht überschreiten.
- Die Grenzwerte für bestimmte anorganische chemische Stoffe dürfen nicht überschritten werden (Eisen-, Mangan-, Stickstoffverbindungen und andere).
- Bestimmte organische Stoffe und auch Pflanzengifte dürfen vorgegebene Grenzwerte nicht überschreiten.
- Nach der Enthärtung im Zuge der Trinkwasseraufbereitung darf der Gehalt an Erdalkalien den Wert 1,5 mol/m³ (berechnet als Ca, entspricht 60,12 mg/l) nicht unterschreiten. Auch die Säurekapazität KS 4,3 darf den Wert von 1,5 mol/m³ nicht

Parameter Grenzwerte

Borat 1 [mg/l]

Chlorid 250

Cyanid 0,05

Fluorid 1,5

Nitrat 50 D

Nitrit 0,1 D

Phosphor, gesamt 6,

Sulfat

Sulfid, gelöst –

Sulfit –

Für die Wasserqualitätsbewertung wichtige Anionen

Aluminium 0,2 [mg/l]

Ammonium 0,

Antimon 0,01

Arsen 0,01

Barium 1

Blei 0,04

Cadmium 0,005

Calcium 400

Chrom 0,05

Eisen 0,

Kalium 12 Kupfer

Magnesium 50

Mangan 0,05

Natrium 150

Nickel 0,05

Quecksilber

Silber 0,01

Zink 5

Grenzwerte

Härte \geq 60 mg/l

Basekapazität

Säurekapazität KS 4,3 1,5 mmol/l

CSB (CSV-Cr bzw CSV-Mn) 5 mg/l

TOC (ges. org.geb. Kohlenstoff) -

Halogenkohlenwasserstoffe 0,0002 mg/l

lipophile Stoffe, schwerflüchtig direkt abscheidbar 0,01 mg/l

Pestizide 0,0005 mg/l

Phenolindex 0,0005 mg/l

TNb (ges. org. geb. Stickstoff)

AOX (adsorbierbare org. Halogene) 0,028 mg/l

Tenside, anionisch, ionisch 0,2 mg/l

Der pH-Wert

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-, und 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 Silikonschläuchen der Peristaltikpumpen kommen sie vor.

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.

Der pH-Wert ist ein Qualitätsparameter des Wassers. Er ist ein Maß für den sauren oder basischen Charakter einer wässrigen Lösung. Seine Bedeutung für die Wasserbeschaffenheit liegt darin, dass er die Gleichgewichtskonzentrationen vieler chemischer Verbindungen im Wasser beeinflusst und so auch Einfluss auf das biologische Geschehen im Wasser nimmt. Seine Bestimmung darf bei keiner Wasseranalyse fehlen, unabhängig davon ob es sich um Trink-, Bade-, Betriebs- oder Abwasser handelt. Bei *natürlichen Wässern* bestimmt er zusammen mit der Karbonathärte, dem im Wasser enthaltenen freien Sauerstoff und der freien Kohlensäure die Aggressivität des Wassers. Sein Wert entscheidet mit über die Korrosion von Werkstoffen und die Wirksamkeit von Aufbereitungs- und Desinfektionsmitteln für die Trinkwasseraufbereitung. Die Einhaltung bzw. Einstellung eines bestimmten pH-Wertes ist wichtig für die Keimtötungskinetik bei der *Schwimmbadwasseraufbereitung* und für Entgiftungsreaktionen bei der *Abwasserbehandlung*. Bei der *biologischen Abwasserreinigung* stellt der pH-Wert eine der Milieubedingungen für den Baustoffwechsel der Mikroorganismen dar.

Unter bestimmten physikalisch-chemischen Bedingungen bildet sich zwischen zwei Elektroden in einer Lösung eine messbare Potentialdifferenz aus, die proportional zur Konzentration eines bestimmten Stoffes in der Lösung ist. Auch der Stromfluss durch eine solche elektrolytische Zelle kann von der Konzentration eines bestimmten Inhaltsstoffes abhängig sein. Auf der Messung von Spannung, Strom oder Leitfähigkeit beruhen die elektrometrischen Verfahren. Sie werden auch als elektrochemische Verfahren bezeichnet.

Bei der *elektrometrischen pH-Wert-Bestimmung* wird die Potentialdifferenz gemessen, die sich in der zu untersuchenden Messlösung zwischen einer Meß- und einer Bezugs elektrode ausbildet. Daraus leitet sich die Bezeichnung *potentiometrische Bestimmung* ab. Aus der Physik ist bekannt, dass aus einer Festkörperelektrode Ladungsträger (Ionen des Elektrodenmaterials) austreten und in Lösung gehen, wenn diese in eine wässrige Lösung eingetaucht wird. Damit bildet sich ein Potential zwischen Elektrode und Lösung aus. Dieses Potential ist nicht messbar. Eine Elektrode aus einem anderen Metall baut aufgrund der gleichen Vorgänge ihrerseits ein Potential gegen die Lösung auf. Die Differenz zwischen diesen beiden Potentialen nun ist leicht messbar. Eine "Elektrode aus Wasserstoff" verhält

sich ebenso, wenn sie in eine wässrige Lösung getaucht wird. Auch bei ihr bildet sich ein Potential zwischen den Atomen bzw. Molekülen der Elektrode und den in Lösung gegangenen Wasserstoffionen aus. Dieses Potential wird willkürlich auf Null gesetzt, und die Potentiale aller anderen Metalle werden auf diese Standard-Wasserstoffelektrode bezogen. So entsteht die elektrochemische Spannungsreihe.

Die *Standard-Wasserstoffelektrode* (auch Normal-Wasserstoffelektrode genannt) lässt sich technisch realisieren. Sie besteht aus einer Platinelektrode, die mit Platinschwarz überzogen ist, in Säure mit einer Ionenaktivität (Konzentration) von 1 g H⁺-Ionen pro Liter getaucht wird und von reinem Wasserstoff umspült wird. Sie ist nicht bequem handhabbar und wird deshalb durch die *Kalomel-Elektrode* (Quecksilber-Elektrode in gesättigter KCl-Lösung mit einer konstanten H⁺-Ionen-Konzentration) ersetzt, deren Potential gegen die Wasserstoffelektrode exakt gemessen wurde und das sehr konstant ist. In der Praxis werden heute vorwiegend Referenzelektroden auf Ag/AgCl-Basis eingesetzt.

Die Glaselektrode bildet im Kontakt mit Wasser eine wasserhaltige Gelschicht. Diese bewirkt eine Sensibilisierung der Elektrode. Der Aufbau dieser Schicht kann mehrere Stunden dauern. Neue Elektroden müssen deshalb vor der 1. Messung entsprechend vorbereitet werden. Nach Gebrauch werden die Elektroden in destilliertem Wasser aufbewahrt, um das Austrocknen der Gelschicht zu verhindern (Konditionierung). Die Einstellungskinetik einer Elektrode bei der pH-Wert-Bestimmung kann wesentlich verbessert werden, wenn die Elektrode in 3-molarer wässriger KCl-Lösung aufbewahrt wird. Die entsprechenden Behältnisse erfüllen gleichzeitig eine Schutzfunktion. Die DIN 38 404, Teil 6 empfiehlt die Aufbewahrung in einer KCl-Lösung der gleichen Konzentration wie sie im Inneren der Elektrode vorliegt.

Die Glasmembran unterliegt einem Alterungsprozess. Elektrolytische Polarisierung oder Verschmutzung können ihre Funktion beeinträchtigen. Sie muss deshalb regelmäßig gereinigt bzw. nach angemessener Zeit gegen eine neue ausgetauscht werden.

Meß- und Bezugselektrode (und mitunter auch der Temperaturmeßfühler) sind körperlich häufig in einer "Elektrode" vereinigt. So entstehen die sogenannten *Einstab-meßketten* (Bild 6.3-3 bis 5). Sie sind die heute vorwiegend verwendete Bauform und eignen sich sehr gut für den mobilen Einsatz.

Die *Redoxspannung* ist definiert als die elektrochemische Potentialdifferenz eines Redoxsystems gegen die Standard-Wasserstoffelektrode. Sie zeigt das Verhältnis der oxidierten zu den reduzierten Substanzen in einer wässrigen Lösung an.

Unter *Oxidation* versteht man die Abgabe von Elektronen und unter Reduktion die Aufnahme von Elektronen. Da bei chemischen Reaktionen kaum freie Elektronen entstehen, ist die Oxidation einer Substanz immer mit der Reduktion einer anderen verbunden.

(Eisen III Oxid, nicht wasserlöslich und als Rost sichtbar, wird mittels Ascorbinsäure reduziert zu wasserlöslichem und nicht sichtbarem Eisen II Oxid. Wasser wird optisch klar)

Das *Meßprinzip* ähnelt dem der pH-Wert-Messung. Als Meßelektrode dient üblicherweise eine Platinelektrode, an der sich in der wässrigen Lösung ein elektrisches Potential aufbaut.

Die Höhe dieses Potentials ist abhängig vom Konzentrationsverhältnis der oxidierten zur reduzierten Komponente des Redoxpaares. Die Bezugselektrode in einer technisch realisierten Meßzelle muß unempfindlich gegen Redoxreaktionen sein. Dieser Forderung genügt die Kalomelektrode und ebenso die Silber/Silberchlorid-Elektrode. Die sich in der Meßzelle ausbildende Potentialdifferenz wird mittels eines Meßverstärkers mit hochohmigem Eingang gemessen und als Spannungswert angezeigt.

Die *Redoxspannung* ist außer vom Konzentrationsverhältnis und der Temperatur, was unmittelbar aus der Nernstschen Gleichung zu ersehen ist, auch vom pH-Wert der wäßrigen Lösung abhängig. Die vorhandenen Hydroxylionen sind am Aufbau des Potentials an der Meßelektrode beteiligt.