

## Schwimmbadwasser – Desinfektion und Aufbereitung

## Schwimmbadwasser

### Desinfektion und Aufbereitung

- 01 – Die Geschichte der Badekultur
- 01 – Einleitung
- 03 – Die Reinigungsstufen
- 08 – Zusammenfassung

## Die Geschichte der Badekultur

**Die Badekultur** hat ihren Ursprung bereits 2500-1900 vor Christus. Ob es sich hierbei nur um rituelle Waschungen oder sogar öffentliche Badeanstalten handelte, ist nicht überliefert. Jedoch wurde die Badekultur von den Griechen um 400 vor Christus und später auch von den Römern weiter perfektioniert. Hier sprach man den Bädern nicht nur reinigende, sondern auch heilende Wirkung zu. So wurden an Heilquellen mit besonderer Wirkung Tempel errichtet, die von Kranken aufgesucht wurden. Neben der Körperertüchtigung und heilenden Wirkung dieser Bäder hatten sie auch eine wichtige soziale Funktion zu erfüllen. Es entstanden Thermalbäder, Dampfbäder oder Bäder, welche mit großem Aufwand durch Aquädukte auch mit Meerwasser gespeist wurden.

## Einleitung

**Da die heutigen** Standards von Badewässern strengen hygienischen Anforderungen unterliegen, soll im Folgenden auf die, dem Stand der Technik zugrunde liegende Wasseraufbereitungsverfahren eingegangen werden. Diese sind der DIN 19643 „Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser“ zu entnehmen und dienen dem Zweck, „eine gute und gleichbleibende Beschaffenheit des Beckenwassers in Bezug auf Hygiene, Sicherheit und Ästhetik zu erzielen“. In den folgenden Tabellen sind die wichtigsten Parameter und ihre Grenzwerte aufgelistet. In Schwimmbädern kommt es bei einer nicht fachgerechten Wasseraufbereitung zu einer Aufkonzentration von Schadstoffen und Krankheitserregern. Diese werden zum einen durch die Badegäste selbst (z.B. Haare, Hautpartikel, Schweiß, Urin, Sonnencremes, Kosmetika, Mikroorganismen) oder aber durch hinfällige Partikel (Textilfasern, Staub, Blätter, Insekten etc.) in das Wasser eingetragen. Neben der Entfernung der Schadstoffe und der Mikroorganismen ist auch eine gute Durchmischung des Wassers wichtig. Durch die Umwälzung kann das Desinfektionsmittel an allen Stellen im Becken seine Wirkung zeigen. Weiterhin ist ein regelmäßiger Austausch des Wassers von Bedeutung. Allgemein rechnet man mit einer Wasseraustauschrate von 30 Litern pro Badegast und Tag.

**Die Basis für eine optimale Wasseraufbereitung in Schwimmbädern sind also folgende Faktoren:**

- **die Beckenhydraulik**  
(die Verteilung von Desinfektionsmitteln und der Austrag von Schadstoffen),
- **Desinfektion**  
(die Abtötung bzw. Inaktivierung von Mikroorganismen),
- **Aufbereitung**  
(die Entfernung von Schadstoffen und Mikroorganismen aus dem Wasserkreislauf),
- **pH - Regelung**  
(für den optimalen Einsatz von Desinfektionsmitteln),
- **Frischwasserzulauf.**

**Anforderungen an die Beschaffenheit des Beckenwassers nach DIN 19643**

Tabelle 1

	Einheit	Beckenwasser
Koloniezahl bei 20 °C	pro 1 mL	100
Koloniezahl bei 36 °C	pro 1 mL	100
Coliforme Keime bei 36°C	pro 100 mL	nicht nachweisbar
E. coli bei 36°C	pro 100 mL	nicht nachweisbar
Pseudomonas aeruginosa bei 36°C	pro 100 mL	nicht nachweisbar

Tabelle 2

	Einheit
pH-Wert	6,5 bis 7,6
Eisengehalt	0,1 mg/L
Ammonium-Konzentration	0,1 mg/L
Nitrat-Konzentration	20 mg/L
freies Chlor	0,3 bis 0,6 mg/L
Klarheit	einwandfreie Sicht über den gesamten Beckenboden

Auf weitere Wasserparameter, als die in den Tabellen 1 und 2 genannten, wird in der DIN 19643 nicht hingewiesen oder getestet. Damit wird Schwimm- und Badebeckenwasser weniger streng kontrolliert, als das Trinkwasser bei seiner Herstellung im Wasserwerk. Die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) übersteigt die Vorgaben für Schwimm- und Badewasser sowie die für Mineralwasser.

Die bewährten Techniken der Wassernachbehandlung im Haushalt (z.B. gegen Kalk) finden bei der Wasseraufbereitung in Schwimmbädern selten Berücksichtigung. Gerade aber kalkhaltiges Badewasser kann zu hartnäckigen Ablagerungen an Beckenrändern entlang der Trennlinie von Wasser und Umgebung führen. Auch die möglichen Interaktionen des Schwimmbadwassers mit dem Fugenmörtel der Fliesen oder dem restlichen Baumaterial (Edelstahl, Kunststoff etc.) und den Rohrverbindungen sind zu bedenken. Mit der Wahl des gewünschten Baumaterials liegt häufig auch das Desinfektionsverfahren fest.

## Die Reinigungsstufen

In den meisten Fällen ist das Oberflächenwasser in Schwimmbädern am stärksten belastet. Aus diesem Grund wird es über die Überlaufwannen abgeführt. Anschließend werden z.T. Flockungsmittel zugegeben, welche die Schmutzteilchen binden, so dass diese größeren Partikel leichter mechanisch herausgefiltert werden können. Nachdem diese größeren Partikel entfernt wurden, wird das Wasser desinfiziert. Dies kann auf unterschiedlichen Wegen erfolgen und wird im Folgenden näher beschrieben. Sind die Mikroorganismen und Krankheitserreger inaktiviert, werden auch sie gegebenenfalls nochmals durch mechanische Filtration zurückgehalten. In der Praxis werden verschiedene Verfahrenskombinationen angewendet, um das Schwimmbadwasser aufzubereiten, hierzu gehören:

1. **(Flockung + Filtration) + Chlorung**
2. **(Flockung + Filtration) + Chlordioxid**
3. **(Flockung + Filtration) + Ozonierung + Aktivkohle-Filtration + Chlorung**
4. **(Flockung + Filtration) + Ultrafiltration + Aktivkohle-Filtration + Chlorung**
5. **Adsorption an Aktivkohle + Anschwemmfilter mit Kieselgur + Aktivkohle + Chlorung**

Die Auswahl des Desinfektionsverfahrens richtet sich u.a. nach der Beckengröße, der täglichen Anzahl von Badegästen sowie des Beckentyps (Innen- oder Außenbecken). Direkte Sonneneinstrahlung und höhere Wassertemperaturen erschweren tendenziell die Wasseraufbereitung.

## Flockung



Abbildung A:  
Filtration mit losen Schüttungen

Als Flockungsmittel dienen verschiedene Aluminium- und Eisensalze. Diese werden dem Ablaufwasser aus der Überlaufrinne zugegeben. Üblicherweise ist die Oberfläche der feinen Partikel negativ geladen. Dies führt zu einer Abstoßung dieser Teilchen aufgrund ihrer Ladung, sodass sich keine Flocke ausbilden kann. Durch die Zugabe der positiv geladenen Salze werden die Teilchen neutralisiert. Dies hat zur Folge, dass sich Flocken bilden, welche durch mechanische Filtration zurückgehalten werden können. Für eine effektive Flockung sind die Einstellung des pH-Wertes und die richtige Dosierung von Chlor entscheidend. So muss - je nach verwendetem Flockungsmittel - ein bestimmter pH-Wert zwingend eingehalten werden. Geht der pH-Wert zu weit in den basischen Bereich (alkalischer pH 7 bis 14) wird der Flockungsprozess verhindert und es kommt zur Trübung des Wassers. Auch die Unter- bzw. Überdosierung des Flockungsmittels kann zur Trübung führen. Ebenso kann eine Erhöhung der Chlordosierung die Flockungsfähigkeit reduzieren und das Wasser eintrüben.

Reines Wasser und Meerwasser haben einen pH-Wert von 7. Damit sind gleich viele  $H^+$  und  $OH^-$  Ionen vorhanden und ein Gleichgewichtszustand liegt vor. Zu beachten ist, dass es sich beim pH-Wert um eine logarithmische Skala handelt.  $pH=2$  ist daher nicht bloß ein bisschen mehr sauer als  $pH=3$ , sondern zehnmal so sauer.

## Filtration

Bei kleineren Becken kann z.T. auf eine vorherige Flockung verzichtet werden – es erfolgt direkt eine Filtration. Für die Filtration von Partikeln werden Einschicht- oder Mehrschichtfilter verwendet. Einschichtfilter bestehen aus Kies bzw. Sand. Mehrschichtfilter bestehen aus einer unteren Schicht Sand und einer darüber liegenden Schicht aus Bims, Lava, Filterkoksen oder Anthrazitkohle. Durch den Rückhalt der Schmutzpartikeln und Öle im Filter ist nach einer gewissen Zeit eine Rückspülung nötig. Dies erfolgt, indem der Filter in die entgegengesetzte Richtung gespült und das Spülwasser in die Kanalisation eingeleitet wird. Die Rückspülung sollte mindestens einmal in der Woche, besser noch alle 3 Tage vorgenommen werden, um den sog. Filterkuchen vor dem Filter nicht zu groß werden zu lassen. Um unerwünschte gelöste Stoffe, Rest-Ozon oder gebundenes Chlor wie in den Verfahrenskombinationen 3, 4 und 5 (siehe oben) zu entfernen, werden Aktivkohle-Filter verwendet. Diese sind feinporiger und lagern die zu entfernenden Stoffe durch Adsorption an ihrer Oberfläche an. (Mehr zur Filterung mit Aktivkohle finden sie in der Carbonit Broschüre: Naturprodukt Aktivkohle). Bei der

Verfahrenskombination 5 wird vor der Filtration keine vorherige Flockung vorgenommen. Dies würde die Filtration mit einem Anschwemmfilter negativ beeinflussen und man verzichtet daher auf diesen Schritt. Eine solche mechanische Filtration von Partikeln erfolgt in den Einschicht- und Mehrschichtfiltern mittels loser Schüttungen der eingesetzten Materialien. Werden diese losen Schüttungen nicht regelmäßig rückgespült, kommt es zwangsläufig zur Biofilm-Bildung (vgl. Carbonit Broschüre: Biofilme – Freund oder Feind?) und einer spürbaren Leistungsverringerung durch den angestauten Filterkuchen. Darüber hinaus müssen diese Filtersysteme regelmäßig ausgetauscht werden. Je nach Benutzung sind diese ca. alle 2 Jahre mit einem frischen Filtermedium zu befüllen. Eine platzsparende Alternative zu den losen Schüttungen bieten häufig Mikrofiltrationsmembranen aus Kunststoff oder Keramik.

### Desinfektion und Entkeimung

Die Desinfektion bzw. Entkeimung des Wassers ist der nächste entscheidende Schritt bei der Aufbereitung zu hygienisch einwandfreiem Badewasser. Sie kann durch die Verfahren der Chlorung, Ozonierung oder Ultrafiltration sichergestellt werden.

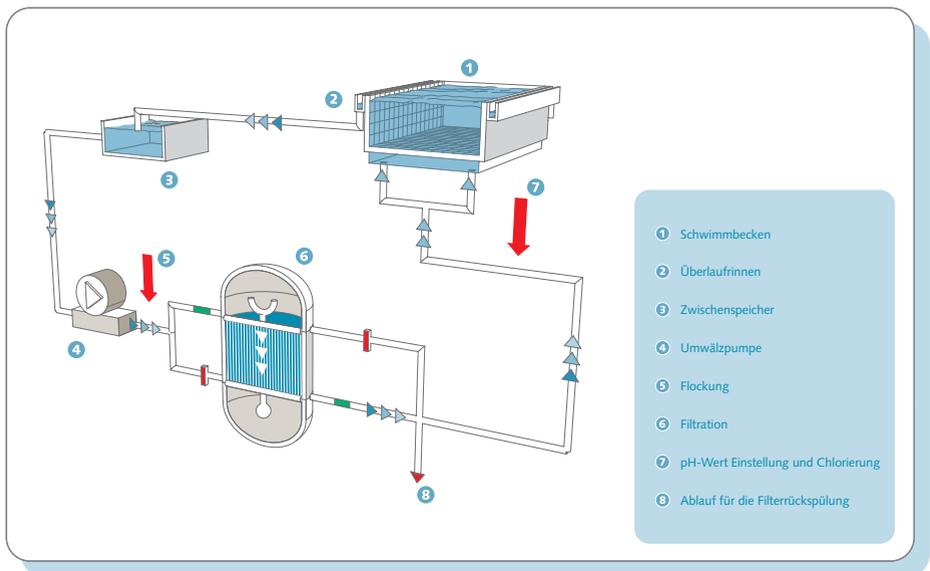


Abbildung B:  
Beispielhafte Darstellung einer  
Wasseraufbereitungsanlage

## Chlorung

Die Desinfektion mit Chlor ist die am weitesten verbreitete Methode, Wasser von Krankheitserregern zu befreien. Nur die Konzentration von sog. freiem Chlor ist für die Desinfektionswirkung von Bedeutung und bildet eine oxidierende Säure, die die Zellwände von Mikroorganismen angreift. Durch Interaktion mit anderen Wasserchemikalien oder dem Einfluß von Sonnenlicht wird „freies Chlor“ zu inaktivem „gebundenem Chlor“ umgewandelt. Bei einem gut durchströmten Becken erzielt man mit einer Konzentration von 0,3 mg/L freiem Chlor eine ausreichende desinfizierende Wirkung. Zur Kontrolle werden - neben anderen Parametern - das freie und das gebundene Chlor bestimmt. Sind erhöhte Konzentrationen von gebundenem Chlor ersichtlich, ist dies ein Indiz für eine verschlechterte Wasserqualität.

Auch anhand der Redox-Spannung lässt sich feststellen, ob viel gebundenes Chlor vorhanden ist. Eine Redox-Spannung von >700 mV, ein pH-Wert um 7 und Konzentrationen von freiem Chlor von 0,3-0,6 mg/L weisen zum Beispiel auf eine rasche keimtötende Wirkung hin. Gebundenes Chlor in Form von Chloraminen und Trihalogenmethanen entsteht hauptsächlich durch das Vorhandensein von Stickstoffverbindungen im Wasser (Schweiß- und Urinausscheidungen) und führt zu Chlorgeruch in Bädern.

Hohe Werte von gebundenem Chlor gehen auf Kosten des freien Chlors und haben zur Folge, dass ständig mehr Chlor zudosiert werden muss, um eine gleichbleibende desinfizierende Wirkung zu gewährleisten. Bei stark belastetem Wasser wird die Bildung von gebundenem Chlor zusätzlich durch einen zu hohen pH-Wert begünstigt. Ein besonders unschöner Nebeneffekt bei der Anwesenheit von zu viel gebundenem Chlor ist eine Reizung der Augen und Schleimhäute. Um den Badekomfort nicht zu beeinträchtigen, gilt es also, dies durch eine Optimierung der Aufbereitung und der Zugabe von Frischwasser zu verhindern. Chlor kann auf verschiedene Arten in das Wasser eingebracht werden. Dabei wird es idealerweise volumenproportional zugegeben und mittels Chlormesszelle überwacht. So entsteht ein selbstregulierendes System.

- Die Zugabe von Calciumhypochlorit als Granulat oder in Tablettenform erfolgt meist händisch und wird in kleineren Hauspools angewendet.
- Automatisierte Dosiersysteme werden bei größeren Anlagen angewendet. Hier wird z.B. handelsübliche Natriumhypochlorit-Lösung dosiert.

- Die Herstellung einer Chlorklösung aus Chlorgas (Gasflaschen) erfolgt durch die Injektion des Chlorgases über eine Steuereinheit in das Wasser.
- Chlordioxid kann vor Ort durch eine Reaktion von Salzsäure und Natriumchlorit hergestellt werden und wird entsprechend zudosiert.
- Die Vor-Ort Herstellung von Chlorgas bzw. Natriumhypochlorit kann auch durch die Elektrolyse einer Natriumchlorit-Lösung direkt im Wasser erfolgen.

Es gibt Chlor resistente Mikroorganismen (z.B. Cryptosporidien, Giardien), die selbst durch hohe Konzentrationen von freiem Chlor nicht inaktiviert werden. Der durch die unterchlorige Säure gebildete Sauerstoff kann hier die Zellwände nicht zerstören.

Die Wirkung von Chlorzugaben setzt erst mit zeitlichem Verzug ein. Deshalb ist eine automatische Dosierung einer händischen Zugabe zumeist deutlich überlegen.

## Ultrafiltration

Bei der Ultrafiltration wird das Rohwasser durch mehrere Kunststoffröhrchen mit einem Durchmesser von 0,5-2 mm gepresst. Dabei fungiert die poröse Röhrchenwand als Filter mit einer Porengröße von 0,1-0,01  $\mu\text{m}$ . Zum Vergleich: Bakterien besitzen eine Größe von circa 1-10  $\mu\text{m}$ . So werden nicht nur die Schmutzpartikel zurückgehalten, die größer als 0,1  $\mu\text{m}$  sind, sondern auch gesundheitsgefährdende (pathogene) Mikroorganismen. Der Druck, mit dem das Wasser durch den Filter gepresst wird, kann 5-10 bar betragen. Für die Filtration großer Mengen Wasser werden einige hundert solcher Membranmodule parallel geschaltet. Genau wie andere Filter müssen auch sie regelmäßig zurückgespült werden (Cross-Flow Verfahren), um keine dauerhafte Verstopfung der Faserporen zu verursachen.

Nach der Ultrafiltration wird das Wasser gewöhnlich noch über einen Aktivkohlefilter geleitet und so von gebundenen Chlorverbindungen befreit, bevor es wieder (mit freiem Chlor versetzt) ins Becken zurückgepumpt wird.

## Ozonierung

Ozon ist aufgrund seiner sehr reaktiven Wirkung ebenfalls ein probates Mittel zur Desinfektion von Wasser (vgl. Carbonit Broschüre: Ultraviolette Strahlung). Das Ozonmolekül besteht aus drei Sauerstoffatomen und besitzt eine nur geringe Halbwertszeit. Die Herstellung von Ozon kann einerseits durch energiereiche UV-Strahlung erfolgen, andererseits entsteht Ozon bei der Entladung hoher elektrischer Spannungen, welche die Sauerstoffmoleküle spalten. Anschließend verbindet sich ein Sauerstoffmolekül mit einem weiteren Sauerstoffatom. Das Ozon wird in der Regel in das zu behandelnde Wasser durch Begasung eingeleitet. Zerfällt es, entstehen sehr reaktive Sauerstoffatome, welche durch ihre oxidierende Wirkung Keime inaktivieren und organische Verbindungen aufspalten. Neben der Desinfektion des Wassers hat Ozon auch eine Reduzierung von organisch gebundenem Chlor zur Folge. Somit kann die Zugabe von freiem Chlor teilweise erheblich reduziert werden. Ozon kann ab einer bestimmten Konzentration auch dem Menschen gefährlich werden. Aus diesem Grund wird das nicht verbrauchte Restozon nach der Desinfektion des Wassers durch Aktivkohle-Filter eliminiert. Da Ozon keine Depotwirkung besitzt und somit seine Wirkung nicht im Beckenwasser entfalten kann, wird dem Wasser zusätzlich noch Chlor zudosiert.

## Zusammenfassung

Bei der Wasseraufbereitung für Schwimmbäder ist ein gewisses Verständnis für die Reinigungsvorgänge vonnöten. So lassen sich die Betriebskosten eines Reinigungsverfahrens teilweise erheblich reduzieren, versteht der Betreiber einer solchen Anlage die chemischen Zusammenhänge, welche zur Wasseraufbereitung führen, richtig zu deuten. Aus diesem Grund werden verschiedene Parameter wie pH-Wert, freies und gebundenes Chlor, aber auch die Redox-Spannung regelmäßig bestimmt. Diese Werte lassen in der Regel sehr rasch Defizite der Aufbereitung erkennen. Die Wahl der Reinigungsmethode richtet sich im Wesentlichen nach der aufzubereitenden Wassermenge und den laufenden Betriebskosten. Dabei reichen für kleinere Hauspools einfache Mehrschichtfilter und die Dosierung von Chlor in Tablettenform meist aus. Zudem sollte der Austausch des Wassers und gegebenenfalls eine Reinigung des Beckenbodens gewährleistet werden, um der Algenbildung entgegen zu wirken. Werden die Schmutzpartikel und Mikroorganismen effektiv entfernt, steht dem erholsamen Sprung ins kühle Nass nichts mehr im Wege.



Abbildung C:  
Gepflegte Poolanlage

## Impressum

### Herausgeber:

CARBONIT Filtertechnik GmbH, Salzwedel  
[www.carbonit.com](http://www.carbonit.com)

### LAGOTEC GmbH

Sensortechnik und mikrobielle Anlagensicherheit, Magdeburg  
[www.lagotec.de](http://www.lagotec.de)

### Design/Layout:

toolboxx-design, Magdeburg  
[www.toolboxx.net](http://www.toolboxx.net)

### Druck:

Koch-Druck, Halberstadt

**Ihr Fachhändler:**

