

# AFM

## aktiviertes Filtermedium – ein neues, revolutionäres Filtermaterial

Seit vielen Jahren wird Quarzsand in der Wasseraufbereitung als Filtermedium benutzt. Quarzsand verfügt über hervorragende mechanische Filtereigenschaften. In Abhängigkeit von Körnung, Filterbetthöhe und Filtrationsgeschwindigkeit, in der Regel unterstützt durch Flockung, werden gute bis sehr gute Filtrationsergebnisse erzielt. Sand hat aber den Nachteil, dass es ein ausgezeichneter Nährboden für Bakterien ist. Bakterien sondern einen Schleim ab, einen so genannten Biofilm, um sich gegen Desinfektionsmittel zu schützen. Dieser Biofilm führt zu einem erhöhten Verbrauch an Desinfektionsmitteln (Chlor, Brom oder Aktivsauerstoff) und ist zudem dafür verantwortlich, dass in Verbindung mit Chlor unerwünschte Reaktionsnebenprodukte entstehen (Trichloramin und Trihalogenmethane – THMs). Dr. Howard Dryden von **Dryden Aqua** entwickelte in den letzten 10 Jahren ein neues Filtermaterial, das die Wasseraufbereitung revolutionieren wird: **AFM (Activated Filter Media)**. AFM filtert dank seiner adsorptiven Kräfte feiner als Sand, verfügt zusätzlich über katalytische und oxidative Eigenschaften und verhindert die Biofilmbildung im Filter. Dies wiederum reduziert die Zerrung von Desinfektionsmitteln und stoppt die Bildung von Trichloramin. AFM kann in jedem Sandfilter eingesetzt werden. AFM wird die Qualität und die Klarheit des Schwimmbadwassers stark verbessern. Zudem geht der Verbrauch an Desinfektionsmitteln zurück. **AFM übertrifft die Leistung von Sand um Längen!**

**Anmerkung:**

*Dr. Howard Dryden beschäftigt sich seit über 30 Jahren mit Wasseraufbereitung für Fischzuchten, Aquarien, Trinkwasser, Abwasser und Schwimmbäder. Er ist Doktor der Meeresbiologie und hat durch seine Tätigkeit eine einmalige Wissenskombination von Biologie, physikalischer Wasseraufbereitung und Chemie.*

In den vergangenen Jahren wurden viele Untersuchungen zu Trichloramin und dessen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit gemacht. Es gibt aber nahezu keine Untersuchungen, wie Trichloramin entsteht und wie das Problem behoben werden kann. Der nachfolgende Artikel soll die Problematik veranschaulichen und einen Lösungsvorschlag unterbreiten. Also wie entsteht Trichloramin und welche Vorteile bringt ein Wechsel von Sand zu AFM?

## Die Entstehung von Chloraminen

Chloramine entstehen durch eine Reaktion im Wasser zwischen Chlor und Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) und ähnlichen Verbindungen wie Harnstoff ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ). Ins Schwimmbadwasser gelangt Harnstoff und Ammoniak über die Haut, durch Schweiß oder Urin. Chloramine können als Monochloramin, Dichloramin und Trichloramin auftreten. Monochloramin ist eine ungefährliche und chemisch stabile Verbindung mit relativ stark oxidierenden Eigenschaften. In gewissen Ländern wird dem Trinkwasser neben Chlor auch Ammoniak zugesetzt, um dadurch ein stabileres Desinfektionsmittel als freies Chlor zu erhalten. Unerwünscht ist aber Di- und vor allem Trichloramin (Abb. 1). Trichloramin (auch Stickstofftrichlorid genannt) verursacht den stechenden Chlorgeruch, reizt die Augen und steht in Verdacht, die Lunge zu schädigen. Die deutsche DIN 19643 beschreibt die Bildung von Chloraminen als eine vom pH-Wert abhängige Funktion (siehe Abb. 2) basierend auf folgenden Reaktionsgleichungen:  $\text{NH}_3 +$

$\text{HOCl} + \text{NH}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{pH}=6-8$  **Monochloramin**

$\text{NH}_2\text{Cl} + \text{HOCl} \rightarrow \text{NHCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad \text{pH}=5-6$  **Dichloramin**

$\text{NHCl}_2 + \text{HOCl} \rightarrow \text{NCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \quad \text{pH}<5$  **Trichloramin** Trichloramin entsteht erst bei pH-Werten von unter 5. In

einem gut gepflegten Schwimmbad liegt der pH-Wert zwischen 6.8 und 7.6. Wie also kann Trichloramin in einem Schwimmbecken entstehen? Offensichtlich nicht direkt im Wasser, weil dort der pH-Wert zu hoch ist. Des Rätsels Lösung liegt im Biofilm: Jede Oberfläche, die im Kontakt mit Wasser steht, wird nach einer gewissen Zeit von einem dünnen Biofilm über-

zogen. In diesem Biofilm herrscht ein saurer pH-Wert (pH-Wert unter 5). Trichloramin wird in diesem sauren Umfeld gebildet. Die Reaktion verläuft einseitig und ist nicht umkehrbar.

## Biofilmbildung im Sandfilter

Die mit Abstand grösste Oberfläche in einem Whirlpool- oder Schwimmbadsystem hat der Sandfilter. Jeder Kubikmeter Sand weist eine Oberfläche von ca. 3'000 m<sup>2</sup> auf. Sand ist ein ausgezeichneter Nährboden für das Wachstum von Bakterien. Quarzsand wird innerhalb von nur wenigen Tagen von einer Vielzahl von Bakterienkolonien befallen. Sobald Bakterien sich an einer Oberfläche «angedockt» haben, scheiden sie einen Schleim aus, den so genannten Biofilm. Damit versuchen sie, sich gegen die oxidierende Wirkung von Chlor oder anderen Oxidationsmitteln zu schützen. Dieser Vorgang kann innerhalb von nur 30 Sekunden nach der Einnistung eintreten. Falls das Nahrungsangebot ausreichend ist (viele organische Stoffe vorhanden sind), wächst der Biofilm und wird dicker und stabiler. Je dicker der

Biofilm ist, desto tiefer liegt der pH-Wert und umso höher ist die Produktionsrate von Di- und Trichloramin. Die bakterielle Biomasse kann in Schwimmbadfiltern bis auf 5 % des Sandgewichtes anwachsen. Abbildungen 3 und 4 zeigen unter enormer Vergrösserung den Ausschnitt eines Sandkornes unter dem Elektronenmikroskop. Dabei sieht man, dass Quarzsand bereits nach wenigen Tagen fast vollständig von Bakterien bedeckt wird. Die Bakterien scheiden Schleim aus, der wiederum die Sandkörner miteinander verklebt. Es bilden sich Kanäle, was zu einer Reduktion der Filterleistung führt. Normalerweise können nur während einer Stunde nach der Rückspülung grössere Kolonien von Bakterien durch den Filter brechen und ins Becken gelangen. Durch die oben beschriebene Kanalbildung bei Sandfiltern kann es aber auch zu zwischenzeitlichen Filterdurchbrüchen kommen. Dabei werden alle paar Wochen oder Monate (je nach Belastung des Systems) grössere Bakterienkolonien als Bakterienflocken ins Becken gespült. Sie sind als Wassertrübung zu erkennen. Ein normaler Chlorgehalt (0,5 bis 1,0 ppm) kann einzelne Bakterien innerhalb von weniger als 30 Sekunden abtöten. Um solch grössere Bakterienflocken (Grösse 50 bis 100 Mikrometer) aufzuoxidieren, benötigt Chlor aber wesentlich mehr Zeit.

Der in Schwimmbädern und Whirlpools verwendete Chlorgehalt reicht nicht aus, um die durch den Biofilm geschützten Bakterien abzutöten. Es würde Chlor-Konzentrationen von 10 mg/l und mehr brauchen, um den Biofilm zu durchbrechen und die Bakterien zu oxidieren.

## Biofilm: Brutstätte für Legionellen

Im Biofilm leben nicht nur Bakterien, sondern auch Amöben. Amöben sind Einzeller, die sich von Bakterien ernähren. Legionellen sind Bakterien, die von Amöben aufgenommen werden und sich darin vermehren. Die Legionellen pflanzen sich solange in der Amöbe fort, bis diese explodiert. Dabei treten Millionen von Legionellen aus. Es gibt Legionellenarten, die für Menschen keine Bedrohung darstellen. Andere Arten sind für gefährliche Krankheiten verantwortlich, beispielsweise für die Legionärskrankheit. Es ist absolut ungefährlich, wenn Wasser getrunken wird, welches mit Legionellen belastet ist. Infizieren kann man sich nur über das Einatmen von kleinsten, mit Bakterien belasteten Wassertröpfchen (kontaminierte Aerosole). Problematisch kann es daher beim Duschen oder beim Baden in Whirlpools und Hallenbädern werden, also überall dort, wo hohe Luftfeuchtigkeit eingeatmet wird. Wenn man Biofilme im Filtersystem vermeiden kann, hat man keine oder weniger Legionellen. Denn wenn kein Biofilm vorhanden ist, existieren keine Amöben und Legionellen können sich nicht fortpflanzen.

## AFM – das aktivierte Filtermaterial

**Dryden Aqua** hat aufgrund der Erfahrungen während der letzten 30 Jahre mit verschiedenen Filtermaterialien (Sand, Zeolith, Aktivkohle) ein neues Filtermaterial entwickelt. Es verbindet die positiven Eigenschaften von Sand und Zeolith und schliesst deren negative Eigenschaften (Verkeimungsproblematik) aus. Dieses Filtermaterial heisst **AFM** (*Activated Filter Media = Aktiviertes Filtermaterial*). Als Rohstoff zur Herstellung von AFM wird amorphes Aluminiumsilikat (grünes Glas) verwendet. Dieses wird auf die entsprechende Körnung gebrochen und die scharfen Kanten werden entgratet. Anschliessend durchläuft es einen energieintensiven Aktivierungsprozess, bei dem positive und negative Ladungen auf das Korn aufgebracht werden. AFM erhält dadurch sowohl hohe Adsorptionskräfte (Anziehungskräfte) als auch katalytisch, oxidierende Eigenschaften. Auf dem Markt findet man noch einen anderen Glassand. Dabei handelt es sich um einfaches, geschreddertes Altglas, scharfkantig und nicht in definierten Körnungen vorliegend. Diesem geschredderten Altglas fehlt jegliche Aktivierung und damit die speziellen Eigenschaften von AFM. Davon wollen wir uns mit unserem Produkt klar abgrenzen und sprechen daher auch nicht von Glassand, sondern von AFM (aktiviertes Filtermaterial).

## Die Wirkung von AFM

AFM widersteht aktiv der Bildung von Biofilm. Dadurch nimmt der Gehalt an Trichloramin stark ab. Den Legionellen fehlt die Brutstätte. Eine Kanalbildung im Filtermaterial bleibt weitgehend aus. Die Filterfunktion bleibt konstant. AFM bietet schon aufgrund der feineren Körnung eine bessere mechanische Filtration als Sand. **Durch einen speziellen Aktivierungsprozess erhält das AFM-Korn Eigenschaften, welche die Filterleistung zusätzlich enorm steigern:**– Stark negative Ladung: Die negative Ladung des AFM-Korns ist über 1'000 Mal höher als bei einem normalen Glassandkorn. Dadurch werden Ionen wie Eisen und Mangan, aber auch geflockte Teile bis zu 1 Mikron vom Korn angezogen und ausfiltriert. Das Filtrationsergebnis wird um 30 bis 80 % verbessert.– Gleitzone: Um das Korn herum hat es eine Gleitzone (siehe Abb. 5) mit positiver Ladung. **Sie erlaubt es Bakterien nicht, an das Korn anzuhafeln, wodurch das Bakterium keinen Biofilm bilden kann.** Somit sind diese Bakterien ungeschützt und können von Desinfektionsmitteln leicht vernichtet werden. Folglich verringert sich die durchschnittliche Verkeimung um bis zu einer Million Mal gegenüber einem vergleichbaren Sandfilter (Abb. 6 und 7). Es wird weniger Desinfektionsmittel verbraucht und es entstehen im Zusammenhang mit Chlor weniger unerwünschte Reaktionsprodukte.– Oberflächeneigenschaften: AFM besitzt katalytische Eigenschaften. Wenn mindestens 1 mg/l (1 ppm) freier Sauerstoff im Wasser vorliegt, wirkt die Oberfläche des AFM-Korns als Katalysator. Dabei wird ein Teil des freien Sauerstoffes in Sauerstoffradikale umgesetzt. Das Redoxpotenzial wird erhöht und die Oberfläche wirkt selbstdesinfizierend.– Zetapotenzial: Der hohe Unterschied der Ladung des Kornes und der Umgebung (Zetapotenzial) beeinflusst positiv das Zetapotenzial (und damit die Resistenz) des zu filtrierenden Wassers. Dieser Effekt kommt vor allem bei grossen Schütthöhen (Höhe der Filterschicht) zum Tragen.

## Filter-Performance

Die Filtrationsleistung aller Filter, gefüllt mit AFM, Sand oder anderer Filtermaterialien hängt im Wesentlichen von zwei Faktoren ab:

Der Filtergeschwindigkeit und der Schütthöhe:– **Schütthöhe oder Filterschicht:** Je höher die Filterschicht, desto feiner das Filtrat und desto stärker kommen die katalytischen und oxidativen Eigenschaften von AFM zum Tragen. Der negative Aspekt der grösseren Sandmenge, sprich die grössere Quantität an Biofilm, fällt mit dem Einsatz von AFM weg. Mit AFM empfehlen wir auch im privaten Bereich vor allem Mittelschichtfilter mit einem Filterbett von einem Meter und mehr einzusetzen. Dabei empfehlen wir einen Schichtaufbau mit 2 bis 4 verschiedenen Körnungen.– **Die Filtergeschwindigkeit:** Die Filtrationsleistung aller Filter (AFM, Sand oder anderen Filtermaterialien) verhält sich umgekehrt proportional zur Filtrationsgeschwindigkeit. Je langsamer der Durchfluss, desto besser die Filtrationsleistung. Dryden Aqua empfiehlt für Schwimmbäder eine Filtrationsgeschwindigkeit von 15 m/h. AFM liefert aber auch bei den heute üblichen 30 bis 50 m/h Filtrationsgeschwindigkeiten wesentlich bessere Resultate als Sand.

## Rückspülung und Spülgeschwindigkeit

Filter sollten mindestens einmal pro Woche – bei belasteten Bädern mehrmals wöchentlich – gespült werden. Dadurch wird verhindert, dass sich Bakterien, welche sich auf oder im Filterbett befinden, auf ausfiltrierten Feststoffen vermehren. Die Rückspülgeschwindigkeit muss genügend hoch sein, um eine ausreichende Fluidisierung (Filterbettausdehnung) und damit effiziente Spülung zu gewährleisten. Bei Sand ist eine Spülgeschwindigkeit von 60 m/h erforderlich, um eine Fluidisierung von 10 % zu erreichen. Bei AFM reichen Spülgeschwindigkeiten von 40 bis 45 m/h aus. Damit erreicht man eine Fluidisierung von zirka 15 %. Wenn das sehr feine Korn AFM 0 (Körnung 0,25 bis 0,5 mm) eingesetzt wird, ist die Fluidisierung bei gleicher Spülgeschwindigkeit wesentlich höher (ca. 30 %).

Tabelle 1: Fluidisierung in Abhängigkeit der Fließgeschwindigkeit bei AFM 1

Fließgeschw. [m/h]	Druckdifferenz nach der Rückspülung				Fluidisierung nach Rückspülung					
	[in mm Ws] bei 15 °C		[%] bei 15 °C mit AFM 1		5	50	–	–		
10	100	–	15	170	–	20	190	–	25	190
2	30	190	5	35	180	9	<b>40</b>	<b>180</b>	<b>12</b>	<b>45</b>
<b>180</b>	<b>16</b>	50	180	20						

## Effizientere Rückspülung dank AFM

Die meisten Filtermaterialien, beispielsweise Sand, Zeolith und Aktivkohle, wirken absorbierend. Absorption (Aufnahme) bedeutet, dass Partikel von der Oberfläche aufgenommen werden. Zeolith (Abb. 8) und Aktivkohle verfügen zudem über äusserst grosse Filterflächen. Dies kann zu Verkeimungen führen. Beim Rückspülen wird ein Grossteil des Schmutzes und der Bakterien zwar entfernt, jedoch bleibt immer ein kleiner Rest hängen. Bei AFM beruht die verbesserte Filterfunktion auf Adsorption (Anziehung). Das bedeutet, dass sich im Wasser befindende Partikel von AFM nur angezogen, aber nicht aufgenommen werden. Bei der Rückspülung löst sich dieser Schmutz wesentlich leichter als bei absorbierenden Materialien. Die Effizienz der Rückspülung liegt bei AFM beinahe bei 100 Prozent. Die Abb. 9 veranschaulicht in Anhängigkeit mit der Zeit die Trübung des Wassers, das bei der Rückspülung eines AFM-Filters und Sandfilters ausgespült wird. Sie macht deutlich, dass beim AFM-Filter in den ersten 3 Minuten eine stärkere Trübung im Spülwasser auftritt. Die integrale Fläche (Fläche unter dem Graph) ist bei AFM wesentlich grösser als beim Sand. Dies zeigt eine höhere Schmutz- austragung und damit eine effizientere Filtration und Spülung. Die beiden Graphen von AFM bilden zudem einen schöneren und gleichmässigeren Verlauf als beim Sand. Dies bedeutet, dass die Rückspülung konstanter ist, weil keine Kanalbildung vorliegt und damit auch die Filterfunktion zuverlässiger ist. Die Spülzeit sollte auch im privaten Bereich (vgl. Grafik) ca. 5 Minuten betragen, aber sicherlich 3 Minuten nicht unterschreiten. Im öffentlichen Bereich ist bei grossen Filtern eine vorgängige Luftspülung mit 70 bis 90 m/h sinnvoll, aber nicht so zwingend wie bei Sand.

## Von Sand zu AFM

Bei einem Wechsel von Quarzsand auf AFM sind keine Änderungen der Installation notwendig. Anzupassen sind allenfalls die Rückspülgeschwindigkeiten. Durch das tiefere spezifische Gewicht von AFM ( $1'250 \text{ kg/m}^3$ ) gegenüber Sand ( $1'450 \text{ kg/m}^3$ ) ist zur Füllung des Filters ca. 20 Prozent weniger Material (in kg gemessen) notwendig. Die Schütthöhe bleibt die gleiche wie beim Sand. AFM ist in 4 verschiedenen Körnungen erhältlich (siehe Tabelle 2). Das grobkörnige AFM 3 wird als Stüttschicht bei Filtersternen verwendet, um eine gute Durchströmung auch im unteren Teil des Filters zu garantieren. Bei Filtern mit Düsenboden oder bei kleinen Filtern kann diese Schicht weggelassen werden. AFM 0 ist ein Spezialkorn, das für feinste Filtrationsergebnisse eingesetzt werden kann. Es muss öfters gespült werden (bspw. zweimal wöchentlich 3 Minuten statt einmal wöchentlich 5 Minuten). Aufgrund der feinen Körnung und der damit verbundenen hohen Fluidisierung sollte die Spülgeschwindigkeit 40 m/h nicht überschreiten. Auch dann kann bei ungenügender Freibordhöhe ein Teil dieser Schicht im Laufe der Zeit ausgespült werden. Sie sollte jährlich nachgefüllt werden (sogenannte Opferschicht). Wie beim Quarzsand empfehlen wir nach DIN, AFM im Einsatz bei Schwimmbädern alle 5 Jahre zu wechseln oder eine genaue Inspektion des Filterbeetes für die neue

Saison vorzunehmen. AFM verrottet nicht und die übliche Verblockungsgefahr bei stark härtebildendem Wasser ist bei guter Rückspülung deutlich geringer. AFM muss nicht speziell entsorgt werden, sondern kann dem Glasrecycling zugeführt werden.

## AFM zusammen mit chlorfreien Desinfektionsmitteln in privaten Schwimmbädern

Chlor ist neben dem Ozon immer noch das effektivste Desinfektionsmittel und wird es voraussichtlich auch in den nächsten Jahren bleiben. In öffentlichen Badeanstalten werden deshalb auch nur diese beiden Desinfektionsmittel eingesetzt. Im privaten Bereich sind aber auch einige chlorfreie Desinfektionsmittel, so genannte Aktivsauerstoffmethoden, im Einsatz. Es gibt sowohl Produkte zur manuellen Dosierung in Granulat- oder Tablettenform, die auf Kaliummonopersulfat aufgebaut sind, als auch flüssige Produkte zur automatischen Dosierung, die auf Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ ) aufgebaut sind. Der Vorteil der chlorfreien Methoden liegt darin, dass sie weniger unerwünschte Reaktionsnebenprodukte erzeugen und wieder schneller in Sauerstoff und Wasser zerfallen. Die Oxidationskraft ist aber wesentlich schwächer als die von Chlor. Zudem lassen sich diese Desinfektionsmittel bisher nur messen, aber nicht zuverlässig regeln. Gerade der Einsatz dieser sanften Desinfektionsmethoden stellt hohe Ansprüche an die Filtration und die Hydraulik. Todzonen (schlecht durchströmte Bereiche des Beckens), zu klein dimensionierte Filtertechnik, ungenügende Rückspülung oder verkeimtes Filtermaterial verunmöglichen den Einsatz von chlorfreien Methoden. Das größte Problem im Zusammenhang mit Aktivsauerstoff bildete bis anhin die Filterverkeimung. Ein mit Biofilm belasteter Filtersand (Sandfilter nach ein paar Monaten) verbrauchte viel Desinfektionsmittel, sodass bereits wenige Tage nach der zeitabhängigen Dosierung kein Desinfektionsmittel mehr vorhanden war. Dieser Prozess konnte vor allem bei Filtern mit hohen Sandmengen (und damit viel Biofilm) gut beobachtet werden. So traten bei hohen Schütthöhen (>1 m) mehr Probleme auf als bei niedrigen Schütthöhen. Diese Anomalie lässt sich nur mit der Filterverkeimung erklären. In der Schweiz wurden mehrere private Schwimmbäder über eine Saison mit AFM betrieben. Der Verbrauch an Aktivsauerstoff war markant tiefer und das Wasser kristallklar.

## Eindämmung des Bakterienwachstums: «At Dryden Aqua we are biologists» – ein neuer Ansatz

Bakterien wachsen in Wasser, welches eine Temperatur von mindestens 25 °C aufweist, in einer enormen Geschwindigkeit. Die Population verdoppelt sich etwa alle 60 Minuten. Bei einer Generationsdauer von 60 Minuten entsteht aus einem Bakterium innerhalb von 24 Stunden eine Population von 8 Millionen. Nach 48 Stunden könnte eine Biomasse von 140 kg entstehen. Das passiert in Schwimmbädern nur deshalb nicht, weil das Nahrungsangebot limitiert ist und damit das rasante Wachstum eingedämmt wird. Es erklärt, warum bei Schwimmbädern oder Whirlpools mit hoher Belastung bereits nach wenigen Monaten Probleme mit dem Sand in ihren Filtern entstehen. Umgekehrt bedeutet es, dass wenn das Nahrungsangebot reduziert wird, das Bakterienwachstum abnimmt. Dr. Howard Dryden und sein Team sind Biologen. Seit vielen Jahren kontrollieren sie Bakterienpopulationen in aquarischen Systemen. **Diese Kontrolle geschieht nicht durch Abtötung der Bakterien, sondern durch Kontrolle und Limitierung des Nahrungsangebotes für die unerwünschten Bakterienstämme.** Dies geschieht durch zwei Prozesse:

- a) Flockung und damit Entzug des Nahrungsangebotes der Bakterien
- b) Entzug von Phosphaten durch Nophos. Phosphat ist ein lebensnotwendiges Spurenelement für Bakterien und alle anderen Lebewesen.

## Gute Flockung – Maximierung der Filterleistung

Die Leistung von Filtern sollte so optimiert werden, dass ein Maximum an organischen Stoffen ausfiltriert werden kann. Dies erreicht man durch effiziente Koagulation und Flockung. Dadurch können feinste Feststoffe und sogar gelöste Stoffe ausfiltriert werden. In Schwimmbädern wird dafür ein **PAC**-Flockungsmittel verwendet (PAC = **P**olyaluminum**c**hlorid). Die Kombination von AFM und einem PAC-Flockungsmittel ermöglicht bei entsprechend tiefer Filtrationsgeschwindigkeit Teilchen auszufiltrieren, die kleiner als 1 Mikrometer sind. Eine effiziente Flockung

reduziert die Nährstoffe für Bakterien. Achtung: Tenside und Detergentien (Bestandteile von Seifen und Waschmitteln) sollten nicht ins Wasser gelangen, da sie mit dem Flockungsmittel reagieren und dessen Funktion beeinträchtigen.

## NoPhos – Kontrolle der lebensnotwendigen Spurenelemente

AFM verhindert weitgehend die Bildung von Biofilmen im Filter, jedoch nicht im ganzen System. Egal welches Filtermaterial verwendet wird und wie effektiv die Rückspülung ist, man kann nie alle Bakterien eliminieren. Zudem wachsen Bakterien auch auf allen anderen Oberflächen, die mit Wasser in Kontakt stehen, also im Leitungssystem, an den Wänden des Beckens und in Scheinwerfernischen. Wie bereits erwähnt, können Desinfektionsmittel in den in Schwimmbädern verwendeten Konzentrationen den Biofilm nicht durchdringen und die «geschützten» Bakterien oxidieren.

Dryden Aqua entwickelte ein Produkt, welches dem Wasser bei richtiger Anwendung sämtliche Phosphate entzieht. Es heißt NoPhos. Wenn NoPhos im Wasser gelöst ist, liegt es als Ion mit dreifach positiver Ladung vor. Dadurch bindet es nicht nur das 3-fach negative Phosphat-Ion (Abb. 12), sondern auch alle anderen negativen Ionen und wirkt somit auch als erweitertes Flockungsmittel. NoPhos verwandelt die Phosphate in einen unlöslichen Niederschlag, der in Synergie mit AFM vom Filter ausfiltriert wird (AFM ist negativ geladen). Durch den Einsatz von NoPhos wird das Wachstum der Algen gestoppt und die Wachstumsrate der Bakterien verlangsamt. Mit der Zeit sinkt die Bakterienpopulation. Dieser Prozess der «Aushungerung» braucht mehrere Wochen Zeit, bis er Wirkung zeigt. Am effektivsten wird NoPhos mit Wasser verdünnt und mit Hilfe einer Dosierpumpe dem Wasser vor dem Filter permanent zugegeben. Am besten passiert dies nach der Flockungszugabe, damit nicht ein Teil des NoPhos durch den normalen Flockungsprozess aufgebraucht wird. Man kann NoPhos aber auch direkt ins Wasser geben oder über den Skimmer bzw. den Ausgleichsbehälter dem System zuführen. NoPhos sammelt sich auf der Oberfläche des Filters und entzieht dem Wasser Phosphate. Die empfohlene Dosierung liegt bei 2 Gramm pro Kubikmeter Wasserinhalt pro Woche, (100 Gramm bei 50 Kubikmetern). NoPhos besteht zu einem Grossteil aus dem Element Lanthan, welches bei normaler Anwendung nicht giftig ist (Bei oraler Verabreichung weniger giftig als Kochsalz). Bei Systemen mit Pflanzen oder Fischen sollte kein NoPhos eingesetzt werden oder wenn, dann muss der Phosphatgehalt genau überwacht werden. Wenn gar kein Phosphat vorhanden ist, wird das biologische Wachstum gestoppt und die Fische verhungern. Bei einem System mit Filterkartuschen wird vom Einsatz von NoPhos abgeraten, da NoPhos wie andere Flockungsmittel die Kartuschen verstopft.

## Zusammenfassung

Es gibt eine direkte Abhängigkeit zwischen der Belastung des Beckens (Benutzungsintensität), dem Gehalt an organischem Material im Wasser, gebundenen Chlorverbindungen, bakteriologischer Biomasse im Filtersystem und im Becken sowie der Bildung von Trichloramin. Gute Hygiene, richtige Wasseraufbereitungstechnik (nach SIA oder DIN) und deren richtige Handhabung sind wichtige Faktoren, die die Wasserqualität beeinflussen. Viele Probleme in der Wasseraufbereitung von Schwimmbädern stehen in Verbindung mit Sandfiltern, resp. mit dem Biofilm, der sich auf dem Sand entwickelt. Dryden Aqua empfiehlt ein 3-stufiges Verfahren: 1. **AFM**: Austausch des Filtermaterials mit AFM. Dadurch kann man die Biofilmbildung im Filtermedium weitgehend verhindern. 2. **Flockung**: Mit Flockung kann man die organischen Stoffe und damit das Nahrungsangebot der Bakterien reduzieren. 3. **NoPhos**: Mit NoPhos entzieht man dem Wasser die Phosphate und damit die lebensnotwendigen Spurenelemente für Algen und Bakterien. Durch Eliminierung der Bakterien verhindert man die Entstehung von saurem Biofilm auf den Beckenoberflächen. Damit wird die Bildung von Trichloramin weitgehend unterbunden. Die Kombination der obigen drei Schritte wird die Qualität und die Klarheit des Schwimmbadwassers stark verbessern. Der Verbrauch an Desinfektionsmitteln geht zurück und die Wasserchemie wird wesentlich stabiler.

## Andere Anwendungsgebiete

**Trinkwasseraufbereitung** Auch in der Trinkwasseraufbereitung werden Sandfilter eingesetzt. Das Problem ist, dass durch Biofilmbildung Kanäle entstehen können. Dadurch verliert der Filter als Barriere für Kryptosporidien an Zuverlässigkeit. Kryptosporidien sind Viren, die sehr resistent gegen Desinfektionsmittel sind und fast nur mit

Langsamfiltern ausfiltriert werden können.

AFM hat nahezu keine Verkeimungsgefahr und liefert somit eine konstante Filterleistung. Mit AFM betriebene Filter bieten einen zuverlässigen Schutz gegen Kryptosporidien. Dank der elektrolytischen Spannung werden Kleinstteile bis zu 1 Mikron im Filterbett ausgeflockt.

**Abwasseraufbereitung** Abwasser besteht aus einem komplexen Gemisch aus Bakterien, Chemikalien und Nährstoffen. Die gefährlichsten Chemikalien sind dabei widerstandsfähige, bioakkumulierte (in der Nahrungskette angereicherte) Substanzen wie Quecksilber, TBT und PCBs. Es gibt viele solcher Substanzen. Sie werden als «Liste 1»-Chemikalien bezeichnet. Diese Chemikalien sind deshalb so gefährlich, weil sie nicht durch Abwasseraufbereitungssysteme oder in der natürlichen Wasserumgebung abgebaut werden können. Sie stellen eine der grössten heute bekannten Bedrohungen für unser natürliches Wassersystem und somit für unsere Gesundheit dar. Die in Abwasseraufbereitungsanlagen benutzten Bakterien tendieren dazu, diese gefährlichen «Liste 1»-Chemikalien anzureichern. Die durch das Abwasser in die Gewässer eingetragenen Bakterien werden von Einzellern gefressen. Dies führt zu einer weiteren Erhöhung der Konzentration der Chemikalien. Die Chemikalien wandern somit die Nahrungskette hinauf, von Einzellern über Organismen wie Fadenwürmer und Zooplankton bis hin zu Krustentieren und Fischen. Bei jeder Zwischenstation steigt die Konzentration der «Liste 1»-Chemikalien an. Letztendlich gelangen die Chemikalien auch in die menschliche Nahrungskette, sei es durch direkten Verzehr von Fisch oder indirekt über die landwirtschaftliche Tierhaltung, bei der Fischmehl verfüttert wird. Die Konzentration von «Liste 1»-Chemikalien kann im Abwasser unterhalb der Nachweisgrenze liegen. Sie wird jedoch durch die Nahrungskette exponential angereichert. «Liste 1»-Chemikalien sind gefährlich, weil sie so widerstandsfähig gegenüber dem Ökosystem sind. Man kann aber den Kreislauf unterbrechen, indem man die Bakterien bereits im Abwasser eliminiert. Dazu benötigt man eine besonders effektive Filteranlage. Bei der Abwasseraufbereitung Stufe 3 haben sich Sandfilter als nützlich erwiesen. Durch die schnelle Verkeimung des Sandes koagulieren jedoch die Sandlagen und die ordnungsgemässe Funktion des Filters wird beeinträchtigt. Durch einen Austausch von Sand gegen AFM wird die Verkeimung unterbunden und somit das grösste Problem bei der Verwendung von Sandfiltern gelöst.

**Biologische Wasseraufbereitung** AFM wurde eigentlich für biologische Wasseraufbereitungsverfahren entwickelt und wird auf diesem Gebiet schon seit Jahren erfolgreich eingesetzt. Insbesondere bei kommerziellen Fischfarmen und in vielen Showaquarien und Delfinarien auf der ganzen Welt wird AFM eingesetzt. Bei den Fischfarmen werden aufgrund der extremen Belastung Filtrationsgeschwindigkeiten von nur 6 m/h gefahren. Die Filter werden zweimal täglich gespült. Nach der AFM Filtration sorgt ein biologischer Filter für den Abbau von unerwünschten Stoffen. Teilweise wird danach noch eine Ozonstufe mit reinem Sauerstoff (sonst erleiden die Fische die Taucherkrankheit) sowie eine UV-Entkeimung zum Ozonabbau eingesetzt.

**Vorfiltration für Membranfiltration und Umkehrosmose** AFM kann auch als Vorfiltration für Membranfiltration eingesetzt werden. Aufgrund der hohen Filtrationsschärfe wird Schmutzwasser schon mal auf ein bestimmtes Niveau filtriert. Die noch feinere Filtration wird der Membranfiltration oder Umkehrosmose überlassen. Diese werden dadurch entlastet. **Egal in welchem Bereich: AFM übertrifft die Leistung von Sand um Längen!** Texte übernommen aus dem englischen von Dryden Aqua, ins deutsche übersetzt und zusammengefasst von: Abbildungs-Legenden Abb. 1:

Strukturformel von Trichloramin Abb. 2:

Bildung von Chloraminen als pH-abhängige Funktion Abb. 3 und 4:

Ausschnitt eines Sandkornes unter dem Elektronenmikroskop. Ganz oben ein neues Sandkorn, darunter ein Sandkorn nach wenigen Tagen in einem Filtersystem: Eine deutliche Bakterien-schicht ist sichtbar. 1

AFM-Korn mit permanenter negativer

Ladung auf der Oberfläche 2 «Gleitzone oder Slipzone»: Positiv geladene

Ionen (hydratisierte Gegenionen) lagern sich

auf der Oberfläche von AFM an 3 diffuse Schicht mit vorwiegend negativer

Ladung 4 Ladungsunterschied (Zetapotenzial) 5 zu filtrierendes Wasser Abb. 6 und 7:

Aufnahme eines AFM-Korns vor der Anwendung und nach 5 Jahren

Abwasseraufbereitung:

Keine Bakterienbildung ersichtlich. Abb. 8:

Aufnahme eines Zeolith-Korns unter dem Elektronenmikroskop: Durch die enorm grosse Oberfläche hat Zeolith eine absorbierende Wirkung. Es bildet durch zahlreiche Unterschlupfmöglichkeiten den idealen Lebensraum für Bakterien. Abb. 9:

Vergleich der Trübheit des Wassers bei der Rückspülung von AFM und Sand. Abb. 12:

Das Phosphat-Anion  $\text{PO}_4^{3-}$  Tabelle 2:

Körnungen von AFM in mm

<b>AFM 0:</b>	0,25...0,5 mm
<b>AFM 1:</b>	0,50...1,0 mm
<b>AFM 2:</b>	1,00...2,0 mm
<b>AFM 3:</b>	2,00...6,0 mm