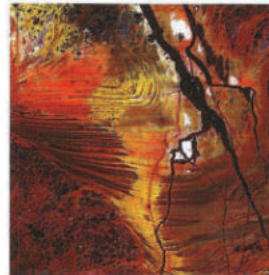


Biofilme und ihre Bedeutung für die Wasseraufbereitung

Von Dr. Jürgen Scheen

Voraussetzungen für die Entstehung von Biofilmen ist die Existenz einer Grenzfläche, das Vorhandensein von Wasser, die Anwesenheit von Mikroorganismen und das Angebot an Nährstoffen.



Stromatolith - Farben durch Einlagerungen von Eisenoxiden (Mary Ellen Mine, Minnesota, U.S.A.)

Weit über 90 Prozent aller in der Natur vorkommenden Mikroorganismen leben in Biofilmen. Der Biofilm ist somit eine natürliche, weltweit vorkommende Lebensform der Mikroorganismen. Photosynthetisch aktive Biofilme, die microbial mats, waren dafür verantwortlich, dass die ehemals anaerobe Erdatmosphäre aerob wurde. Die lange Entwicklungsgeschichte hat zu Anpassungsfähigkeiten geführt, die Mikroorganismen auch unter widrigsten Umweltbedingungen überleben und reproduzieren lässt. Es sind keine Oberflächen bekannt, die von den Mikroorganismen nicht besiedelt werden können.

Sie kommen an den vulkanischen hydrothermalen Schloten (black smoker) in den Tiefen der Ozeane genauso vor wie in den Polargebieten. Diese Lebensform der Mikroorganismen bildet eine wichtige Existenzgrundlage für alle anderen Lebensformen. Existenz sind sie seit nachweislich 3,5 Milliarden Jahren und finden sich in Versteinerungen, den Stromatolithen (s. Bild oben) wieder.

Die Wissenschaft fand erst in den 60ern/70ern des letzten Jahrhunderts notwendige Instrumentarien, um Biofilme zu erkennen und zu erforschen. Einer der ersten Betrachter war J.W. Costerton, der mit Hilfe einer neuen mikroskopischen Methode die Ablagerungen an wasserführenden Systemen untersuchte. Dabei stellte er fest, dass der Aufbau dieser Ablagerungen – also Biofilme – von den Mikroorganismen gezielt durchgeführt wurde. Das war eine Art Revolution in der Mikrobiologie.

Die Biofilme wurden in vielen Bereichen identifiziert und als Ursache für viele chemische, biologische, technische und me-

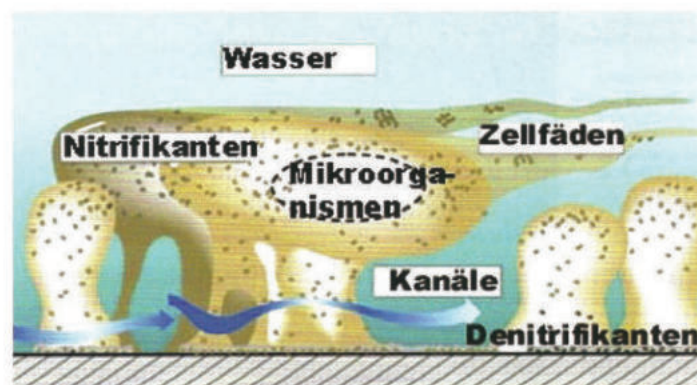
dizinische Ereignisse erkannt. Stellvertretend zu erwähnen sind technische Probleme in der Industrie, was z. B. die MIC (microbially influenced corrosion) und die Beeinträchtigung der Wärmeübertragung bei Wärmeaustauschern betrifft. Auch in der Medizin wurde die Auswirkung von Biofilmen auf die Bildung von Resistenzen in seiner umfangreichen Tragweite erkannt.

Die Notwendigkeit sich die Zähne zu putzen, ist auf Biofilme zurückzuführen. Die Mikroorganismen in der Mundhöhle bilden auf den Zähnen einen Biofilm. Wenn dieser Biofilm nicht beseitigt wird, können die Mikroorganismen – neben dem unangenehmen Mundgeruch – im Biofilm Stoffe produzieren, die den Zahnschmelz angreifen und dann Karies hervorrufen.

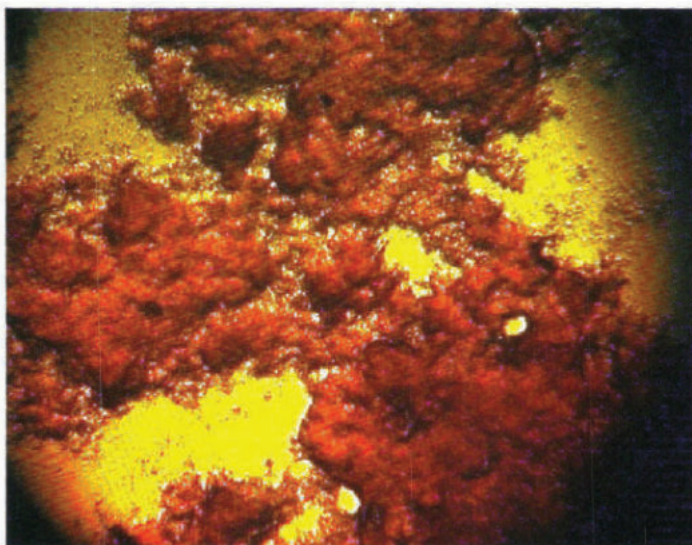
Neben den schützenden Eigenschaften ist das symbiotische Miteinander der Mikroorganismen im Biofilm für ihr Überleben und ihre Reproduktion von Vorteil. Der

Schutzeffekt durch den Biofilm kann anhand des Vergleiches mit planktonisch vorkommenden und in Biofilmsystemen organisierten Mikroorganismen deutlich gemacht werden. In planktonischen Systemen wird eine Dichte von ca. 10^7 /mL Mikroorganismen erreicht. Im Biofilm können Dichten von 10^{12} /mL erreicht werden. Die Konzentration an antimikrobiellen Substanzen kann von Mikroorganismen in Biofilmen bis 1000-fach oder höher toleriert werden als in planktonischen Systemen. Xenobiotika können, im Gegensatz zu planktonischen Systemen, im Biofilm durch Mikrokonsortien metabolisiert oder mineralisiert werden.

Die Organisation der Mikroorganismen im Biofilm kann als eine symbiotische Gemeinschaft angesehen werden, die den Eigenschaften von Vielzellern nahe kommen kann. Die Nutzung von Signalstoffen im Biofilm sind bekannt. Es ist davon auszugehen, dass in näherer Zukunft Hunderte von neuen Signalstoffen entdeckt werden,



Schematische Darstellung eines Biofilms - mit der deutlichen Einteilung des Biofilms in Aktionszonen für die Mikroorganismen (water channel model)



Realer Biofilm – angefärbt – unter dem Mikroskop

die als Hormone oder Pheromone die komplexen Abläufe in Biofilmen regeln.

Auch schleimige, glatte Ablagerungen auf z.B. Steinen im Wasser, auf der Teichfolie im Wasser oder in den Rohren Wasser führender Systeme sind in der Regel Biofilme. Als vorrangig sind die positiven Leistungen von Biofilmen zur Aufrechterhaltung von natürlichen Stoffkreisläufen zu sehen. Dabei sind sie am Kreislauf von Stickstoff, Schwefel, Silicium und Phosphor, aber auch von Metallen wie Quecksilber, Eisen, Mangan, Chrom u.a. beteiligt. Im Kohlenstoffkreislauf schließen sie als Mineralisierer den Kreislauf des Kohlenstoffs. Weiterhin spielen sie eine wichtige Rolle gegen Erosion durch die Stabilisierung der Sedimente und Böden.

In der Wasseraufbereitung hat der Biofilm eine sehr wichtige Rolle. Letztendlich sind die Mikroorganismen in der Lage, die im Wasser gelösten Verunreinigungen wieder zu beseitigen, d. h. in die Stoffströme zurück zu führen. Die Selbstreinigungskräfte von natürlichen Gewässern sind dafür beispielhaft.

Der Mensch hat sich diese Eigenschaften der Mikroorganismen zu eigen gemacht. Durch das Anlegen von Kläranlagen werden durch Industrie, Haushalt etc. verunreinigte Wässer wieder aufbereitet. Neue Untersuchungen zeigen, dass das nicht immer gänzlich gelingt und es so zu An-

reicherungen verschiedener Stoffe im Wasser kommen kann.

Die herkömmlichen biologischen Aufbereitungstechniken in den Klärwerken sind hauptsächlich durch das so genannte Belebtschlammverfahren getragen. Diese Anlagentechnik hat räumlich große Dimensionen. Die im Belebtschlammverfahren verwendeten Belebtschlammflocken sind klassisch nicht zu den Biofilmen zu zählen. Das zeigt sich auch schon in der

Störanfälligkeit des Belebtschlammes gegenüber z. B. toxischen Zuläufen in die Kläranlage.

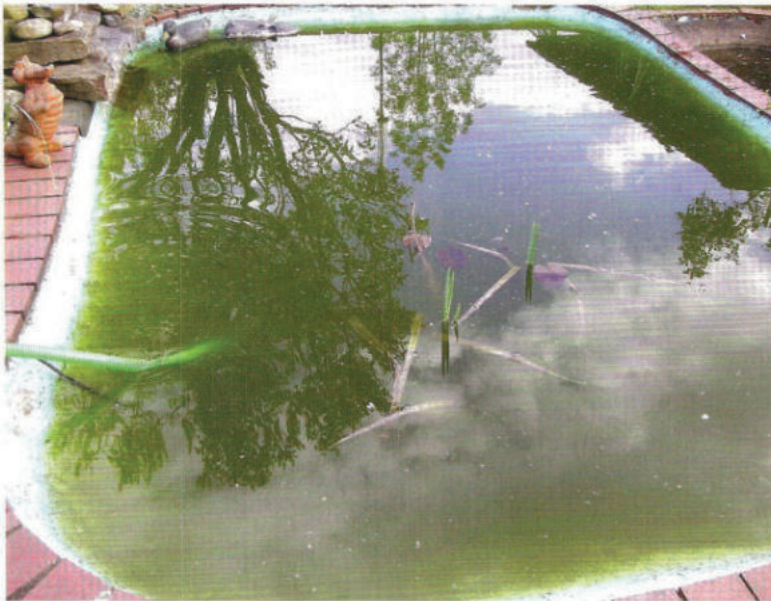
Biofilmreaktoren haben gegenüber herkömmlichen Belebtschlammverfahren Vorteile. Sie beanspruchen weniger Raum bei gleichzeitiger Mobilität. Der im Belebtschlammverfahren anfallende und zu entsorgende Belebtschlamm ist beim Betrieb von Biofilmreaktoren im Volumen erheblich reduziert. Beim Betrieb von Biofilmreaktoren entfällt die Belebtschlammrückführung, wie sie beim Belebungsverfahren notwendig ist. Die Unterschiede zwischen Belebtschlammverfahren und Biofilmreaktoren sind auch ausschlaggebend für die Betreuung einer Anlage, die erwartungsgemäß bei einem Betrieb von Biofilmreaktoren einen geringeren Personaleinsatz benötigt.

Eine Übertragung des Belebtschlammverfahrens auf räumlich kleinere Anwendungen, z. B. Schwimm- und Badeteiche, Fischteiche, ist schon aus räumlichen und verfahrenstechnischen Bedingungen schwierig. Bisher versucht man deshalb in den genannten Bereichen sich mit z. B. Kammerfiltern, Patronenfiltern, Beadfiltern, Sandfiltern, Bandfiltern, Filtermatten zu helfen, um das zirkulierende Umlaufwasser zu reinigen.

Auch in den Pflanzenzonen wird die Hauptarbeit zur Wasserreinigung von Mi-



Vor dem Einsatz des Biofilmreaktors ...



Starke Algenentwicklungen in einem Teich, die auf unzureichende Entfernung der Nährstoffe aus dem Wasser entstehen können

kroorganismen erledigt. Das Anlegen von Pflanzenzonen ist auf Dauer dem Problem nicht gewachsen, da die Pflanzenzonen sich mit der Zeit zusetzen können und so zu Nährstoffquellen für das Algenwachstum im freien Wasser werden.

Die vom Menschen angelegten Teiche unterliegen, wenn sie nicht vom Menschen daran gehindert werden, dem Ziel wieder zu verfallen. Deshalb muss der Mensch Techniken anwenden, um den gewünschten Zustand des Teiches zu erhalten. Dafür muss eine effektive Wasseraufbereitung eingesetzt werden.

Die Wasseraufbereitung in künstlichen wasserführenden Systemen, z. B. in Schwimm- und Badeteichen oder in Koi-teichen, gliedert sich in zwei Behandlungsstufen. Die erste Stufe ist die mechanische Entfernung von ungelösten Stoffen aus der Wasserphase. Hier sollten mechanische Filter zum Einsatz kommen, die in der Lage sind, ab 100 µm (besser noch niedriger) große Partikel aus der Wasserphase zu entfernen. Dabei ist es wichtig, die ausfiltrierten Partikel so schnell wie möglich aus dem Wasserkontakt zu bekommen, damit keine Rücklösung auftritt. Die besten Eigenschaften dafür haben so genannte Trommelfilter.

Ein mechanischer Filter sollte gelöste Bestandteile nicht aus dem Wasser filtrieren, besonders die nicht, die für die Wasserbewohner wichtig sind. Das ist bei Filtersystemen beobachtet worden, die durch einen aktiven Filterkuchen auch Karbonate aus dem Wasser filtrierten können.

Die zweite Stufe für eine erfolgreiche Wasseraufbereitung betrifft die gelösten Stoffe im Wasser. Hierzu zählen z. B. das Nitrat, Nitrit, Ammonium, organische Kohlenstoffverbindungen, Phosphate und andere. Diese Stoffe können aktiv und am effektivsten durch eine gut angelegte Mikrobiologie aus dem Wasser aufgenommen und damit aus der Wasserphase entfernt werden. Dafür gibt es zahlreiche Anwendungen, die mehr oder weniger erfolgreich sind. Denn in diesen Techniken spielt der Biofilm die entscheidende Rolle.

Bei schlechter Verfahrenstechnik des biologischen Filters kommt das zu reinigende Wasser nicht in ausreichenden Kontakt mit der Mikrobiologie. Wenn kein solider Biofilm in der biologischen Stufe vorhanden ist – was in der Regel bei herkömmlichen Systemen nicht erreicht wird – ist die Mikrobiologie nicht in der Lage, die schädlichen Wasserinhaltsstoffe ausreichend zu entfernen. Dadurch kommt es zu einer günstigen Nährstoffsituation für z. B. Algen, die dann in Massen wachsen können. Weiterhin kann es zu schlecht durch-

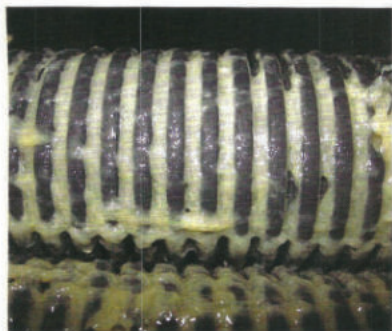
strömten Bereichen im Filter kommen. Das Ergebnis ist die übermäßige Produktion von nicht erwünschten Verbindungen, wie H_2S , Schwefelwasserstoff.

Es ist wichtig, in der biologischen Stufe einer Wasseraufbereitung einen soliden, d. h. in vielerlei Hinsicht aktiven Biofilm zu haben. Dieser muss durch die Verfahrenstechnik der Biostufe unterstützt werden. Als einen Hinweis auf eine gut funktionierende Mikrobiologie sind z. B. die Nitrat/Nitrit-Werte zu sehen. Wenn ein verwendeter biologischer Filter parallel in der Lage ist, die Nitrifikation als auch die Denitrifikation mikrobiell durchzuführen, hat er im Allgemeinen eine gute Leistung. Viele Teichbesitzer umgehen den Umstand, dass sie einen schlecht arbeitenden biologischen Filter haben durch umfangreiche Wasserwechsel.

Für die Lösung der verfahrenstechnischen und biologischen Anforderungen zur Wasseraufbereitung in z. B. Schwimmteichen wurde, zusammen mit der Firma re-natur in Ruhwinkel, ein neues System entwickelt. Dieses System erfüllt die Anforderungen innerhalb des Wasserkreislaufes eine Nährstoffaufnahme durch aktive Biofilme aus dem Wasser zu haben, die die Nährstoffsituation der Algen deutlich verschlechtert. Durch diese Konkurrenzsituation wird das Vorkommen von Algen mit natürlichen Mitteln in einem Rahmen gehalten, in dem sie nicht stören. Letztlich geht es in der Biologie um die Ausnutzung



... nach dem Einsatz des Biofilmreaktors



Auf den Trägerkörpern des Biofilmreaktors vorab entwickelter Biofilm - schon adaptiert an die jeweiligen Teichbedingungen

vorhandener Nährstoffe mit dem Ziel der Reproduktion.

Dieses erfolgreiche System besteht aus einer die oben beschriebenen Anforderungen erfüllenden, mechanischen Stufe und einer hoch entwickelten biologischen Stufe. Die biologische Stufe wird vor dem Einsatz im Wasserkreislauf mit einem soliden Biofilm ausgerüstet, der den Anforderungen des jeweiligen Teiches angepasst ist.

Die biologische Stufe ist ein Biofilmreaktor. Er ist ein Resultat intensiver Forschungsarbeit und interdisziplinärer Erfahrungen. Der Biofilmreaktor vereint natürliche Abläufe, die in der Natur zur Wasseraufbereitung stattfinden, in einen für den Menschen technisch und räumlich nutzbaren Rahmen. Der Platzbedarf für solche Anlagen ist wesentlich geringer als bei den herkömmlichen Techniken. Neben diesen Vorteilen, besteht ein geringer Wartungsaufwand. Dieses System wird sowohl in Neuteiche als auch nachträglich in bestehende Systeme eingebaut.

Abschließend ist festzuhalten, dass die Wasseraufbereitung für Teiche die langfristigen Verlandung vermeiden muss. Die Aufbereitungsmethoden müssen so angelegt sein, dass sie eine überlegene Nährstoffkonkurrenz zum Beispiel gegen Algen sind. Der Erfolg liegt auch in der gezielten Anwendung von Biofilmen, die durch die dargestellte Methoden erreichbar sind.

Info + Kontakt

Umweltbiotechnologie
Dr. Jürgen Scheen
Tel. +49 (0) 231 - 16 39 09
www.Biofilmreaktor.eu

Schwimmteich & Naturpool 2-2011



Biofilmreaktor mit Auflageplatte zur Installation der mechanischen Stufe; in den PE-Rohren befindet sich der auf einer großen Oberfläche angesiedelte Biofilm.

Anzeigen

POOL CARE
BY JOHNNY

Tel. +49 (0) 7191 96850
www.PoolCare.de

SQUIRREL

green line

Der Schwimmteichreiniger

Preisliste 2010 / 2011

POOL CARE BY JOHNNY

Hochwertige Folienabdichtung
für öffentliche und private Projekte

Axel Dieterich GmbH
Ernst-Sachs-Str. 1
D-78467 Konstanz
Tel.: +49 7531 695316
Fax: +49 7531 818632
www.dieterich-gmbh.de

Für Ihre Anzeigen

Kommunikationsagentur
P. Becker

☎ +49 (0) 172 - 7 80 77 45 oder
☎ +49 (0) 6345 - 95 33-77
Mail: peanbecker@gmx.de

Seit über 25 Jahren

Groß-Teiche

Folien bis 1000m²
verschweißt an einem Stück!

Preisgünstige Selbstbau-Konzepte mit der Erfahrung aus über 50.000 Teichen

NaturaGart

www.naturagart60.de

Ihre Natur-oase im Garten,
Schwimmteiche vom Experten!

Haarmann
Garten- und Landschaftsbau

Ihr Experte für
Garten & Landschaft

59494 Soest Tel: 02921 6245 www.galabau-haarmann.de