

Gewünscht und verflucht – Biofilme in Bädern mit biologischer Wasseraufbereitung



Autorinnen:

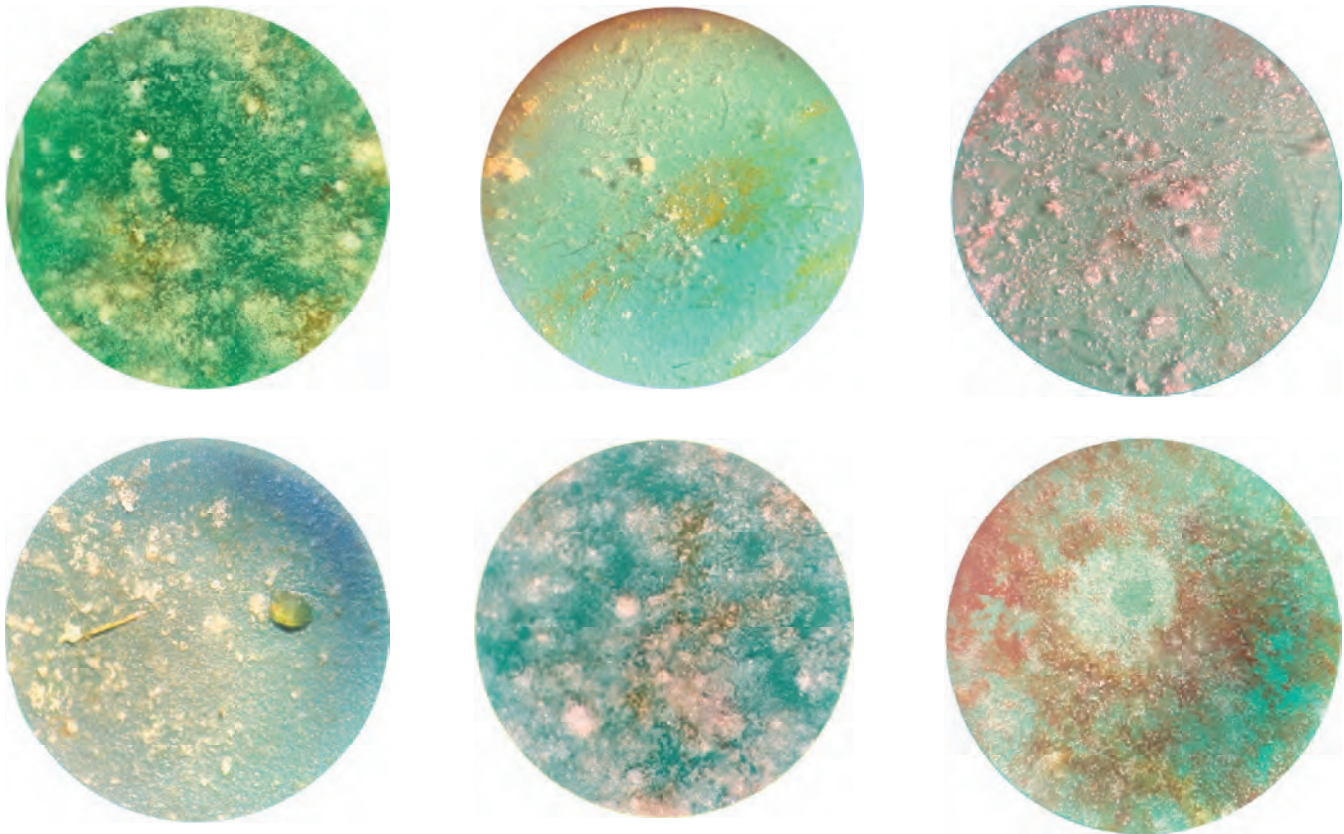
*Dr. Antje Kakuschke und Dipl.-Biol. Inga Eydelor-Jäppinen,
KLS Gewässerschutz GmbH*

Biofilme sind Ansiedelungen von Bakterien, Algen, Pilzen sowie anderen Ein- und Mehrzellern. Diese Lebensgemeinschaften verankern sich in einer Schleimschicht, wo sie schützende Bedingungen vorfinden. Auf engstem Raum bildet sich ein Mosaik verschiedener Habitate. Biofilme sind jedoch Fluch und Segen zugleich.

Biofilme sind in allen Bädern zu finden. Sie bilden sich, sobald wässrige oder feuchte Lebensbedingungen mit einem ausreichenden Nährstoffangebot ein Wachstum von Mikroorganismen ermöglichen. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um natürliche Materialien wie Steine, schwimmendes Holz oder abgestorbene Pflanzenteile oder um künstliche Strukturen handelt. So finden sich auch in Bädern mit biologischer Wasseraufbereitung an vielen Stellen gewollt oder ungewollt Biofilme.

Ein Segen sind sie in den Filterbereichen, wo sie sich um die Granulate/Steine der Filtermaterialien bilden. Dort spielen sie eine entscheidende Rolle bei den Reinigungsprozessen des Wassers durch die Aufnahme, Speicherung und Umsetzung von anorganischen und organischen Stoffen sowie für den Schutz der Mikroorganismen, die für diese Prozesse notwendig sind. Zudem bilden sie eine wichtige Grundlage im Nahrungsnetz und somit für die Entwicklung einer ausgeprägten Artendiversität.

Ihr Fluch liegt bei den glitschigen Belägen oder Kalkausscheidungen, die neben einer erhöhten Rutsch- und Unfallgefahr ein unschönes Aussehen bewirken. Daher führen Biofilme zu einem erhöhten Pflegeaufwand in den Beckenbereichen, jedoch sollte ihre Entwicklung im Filterbereich möglichst ungestört bleiben. Die folgenden Erläuterungen sollen einen kleinen Einblick in die Komplexität dieser außergewöhnlichen Lebensräume geben.



Biofilme besitzen keineswegs eine einheitliche Struktur, sondern weisen Kanäle, Fäden und wassergefüllte Poren auf, die eine inhomogene Verteilung der Mikroorganismen bedingen. Zudem ist der Biofilm ein sehr dynamischer Lebensraum. Beispielsweise ändert sich das Volumen eines Biofilms infolge von Anlage- und Abschwemmung der Mikroorganismen, aber auch durch deren Wachstum und Absterben. Die Organismen werden innerhalb des Biofilms aktiv und passiv verschoben, wodurch deren räumliche Verteilung ebenfalls stark variiert (siehe Abbildung 1).

Biochemische Prozesse im Biofilm

Generell laufen in Biofilmen eine Vielzahl von chemischen, biologischen und physikalischen Prozessen auf engstem Raum ab. Im Ober-

flächenbereich an der Grenzschicht zum wässrigen Medium laufen insbesondere Oxidationsprozesse ab, wie bspw. die Oxidation von Eisen und Mangan, von Ammonium zu Nitrat, von organischen Kohlenstoffverbindungen zu CO_2 und Wasser oder die Oxidation von Schwefelwasserstoff zu Sulfat. Im Basisbereich, wo weniger Austauschprozesse stattfinden, laufen eher Reduktionsprozesse ab. Beispiele dafür sind die Reduktionen von Nitrat, Eisen, Mangan und Sulfaten. Über die Dicke des Biofilms bilden sich entsprechende biochemische Gradienten, die für unterschiedlichste Ansprüche von Mikroorganismen einen Lebensraum bilden. Die Mikroorganismen werden durch den Biofilm nicht nur vor Ausschwemmung, sondern auch vor Bioziden und anderen toxischen Substanzen geschützt.



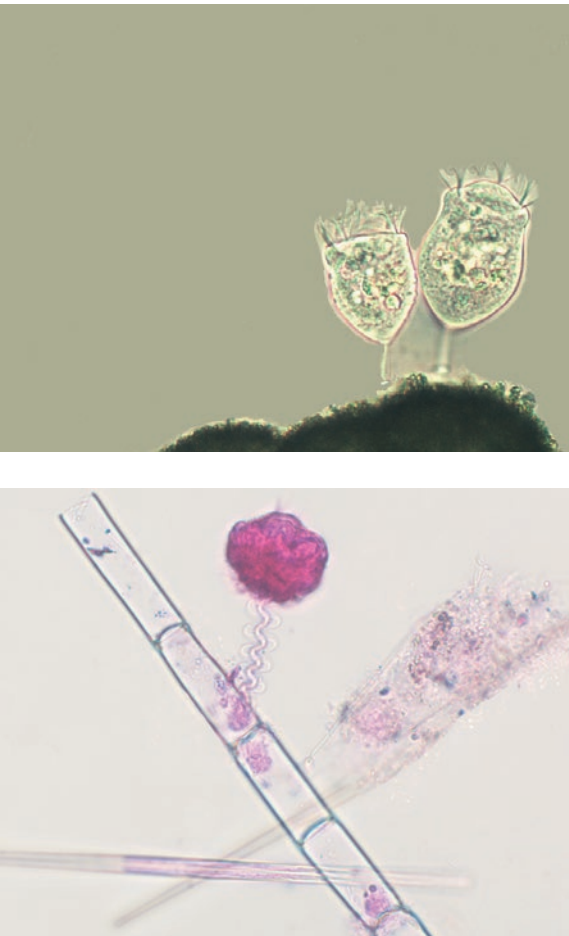
1 | Biofilme auf Folien in einem Schwimmbad mit biologischer Wasseraufbereitung;
Fotos: Inga Eydeleer-Jäppinen, KLS

Organismen in und an Biofilmen

Die Zusammensetzung der Organismen in einem Biofilm ist sehr variabel und hängt maßgeblich vom Licht und von den Nährstoffen des umgebenden Mediums ab. Entsprechend werden Biofilme unter Lichtabschluss, wie sie bspw. in Filtern und Sedimenten vorkommen, von heterotrophen Organismen, insb. Bakterien besiedelt. Autotrophe Biofilme auf lichtbeeinflussten und sonnenbeschienenen Substraten werden von Organismen dominiert, die zur



2 / Verschiedene Arten von Wimperntierchen (Ciliaten), die sich mit einem Stil am Untergrund oder an Algen festhaften können



Photosynthese befähigt sind. Diese Biofilme sind in Bädern mit biologischer Wasseraufbereitung insb. an den Wänden, an Treppen, auf Steinen oder an Spielgeräten im Wasser zu finden.

Die wichtigste Gruppe von Organismen, die in einem Biofilm leben und ihn stark prägen, sind Bakterien. Wie bereits angedeutet, sind einige Bakterienarten in der Lage, eine Schleimschicht aus extrazellulären polymeren Substanzen zu bilden. Diese Schicht besteht vor allem aus Polysacchariden, einer Vielzahl von Proteinen, Lipiden, Phospholipiden, Glycoproteinen, Glycolipiden, extrazellulärer DNA, Lipopolysacchariden und bis zu 97 % aus Wasser. Diese Substanzen bedingen die glitschige Konsistenz, sind aber auch die Nahrungsgrundlage vieler Organismen, die

in Folge diesen Lebensraum besiedeln. Die Zusammensetzung der Bakteriengesellschaft in einem Biofilm ist sehr variabel. Einerseits sind sehr nützliche Bakterien, die u. a. den gewünschten Selbstreinigungsprozess bei der biologischen Wasseraufbereitung bedingen, eine wichtige Komponente. Beispiele dafür sind *Nitrosomonas* und *Nitrobacter*, die bei der Nitrifikation, einem Teil des Stickstoffkreislaufes, beim Abbau von organischen Substanzen das Ammonium in Nitrit und anschließend in Nitrat umwandeln. Ein stabiler Biofilm in den Filtern eines Naturbades ist daher eine Grundlage für das Funktionieren des Selbstreinigungsprozesses der Anlage.

Andererseits finden sich in Biofilmen auch für den Menschen pathogene Keime. Beispiele dafür sind Legionellen-Bakterien, *Pseudomonas* oder *Staphylococcus*. In Bädern mit biologischer Wasseraufbereitung wird daher im Rahmen des Gesundheitsmonitorings der Keim *Pseudomonas aeruginosa* als Hygieneparameter herangezogen, da dieser beim Menschen Wundinfektionen und Infektionen u. a. an Augen und Ohren auslösen kann. Nicht selten steigen die Keimzahlen im Beckenwasser vorübergehend an, wenn durch Reinigungsmaßnahmen die Bakterien aus dem Biofilm freigesetzt werden.

Biofilme sind aber nicht nur der Lebensraum für Bakterien. Es nutzen je nach Lage und Nährstoffangebot des Biofilms auch diverse Einzeller wie bspw. Amöben oder Wimperntierchen, Algen und Pilze diesen Lebensraum. Biofilme bilden daher eine wesentliche Komponente im Nahrungsgefüge. Viele heterotrophe

Organismen, die an einem Substrat leben, tragen durch ihre filtrierende oder abweidende Ernährungsweise zudem zur Reinigung des Wassers bei (siehe Abbildung 2).

Algen sind charakteristisch für autotrophe, insb. sonnenbeschienene Biofilme. In Bädern mit biologischer Wasseraufbereitung finden sich daher oft meist gut sichtbare Algenfäden oder -matten auf den Folien der Beckenwände oder auf Steinen (siehe Abbildung 3). Dieses Gespinst an Fäden ist nicht selten wiederum Lebensraum anderer, meist kleinerer Organismen, wodurch sich an Biofilmen ein komplexer und dreidimensionaler Lebensraum entwickelt.

Dass Algen aber nicht nur an sonnenbeschienenen Habitaten vorkommen, zeigte sich beeindruckend in einem Freibad mit biologischer Wasseraufbereitung. Im Sommer 2019 kam es in diesem Bad zu einer Verminderung der Sichttiefe durch ein vermehrtes Auftreten von Algen. Interessanterweise war die Algenbiomasse im Filtrat deutlich höher als im Beckenwasser, was darauf hindeutete, dass es im Filtersystem zu einem Wachstum von Algen gekommen war. Auch im folgenden Jahr trat dieses Phänomen erneut auf, jedoch in deutlich abgeschwächter Form. Insbesondere von Kieselalgen ist es bekannt, dass sie bei Lichtmangel in einen heterotrophen Stoffwechsel umschalten können. In den Filtratproben wurden zu einem größeren Anteil Kieselalgen der Gattungen *Fragilaria* und *Nitzschia* gefunden (siehe Abbildung 4), die sich offensichtlich im Filtersystem vermehren konnten.

Feldstudie zur Biofilmentwicklung

Um die spannende Frage nach der Besiedelung eines Biofilms in Bädern mit biologischer Wasseraufbereitung besser bewerten zu können, konzipierten die KLS Gewässerschutz GmbH und die Polyplan-Kreikenbaum Gruppe GmbH eine durch die ABS (Arbeitsgemeinschaft Badeseen und Schwimmteiche) finanzierte Feldstudie. Darin wurde die Zusammensetzung des Folienaufwuchses in einem Naturfreibad mit hoher Umwälzleistung (Wasseraustausch ca. viermal pro Tag) während des laufenden Betriebes in der Badesaison 2022 mikroskopisch untersucht.

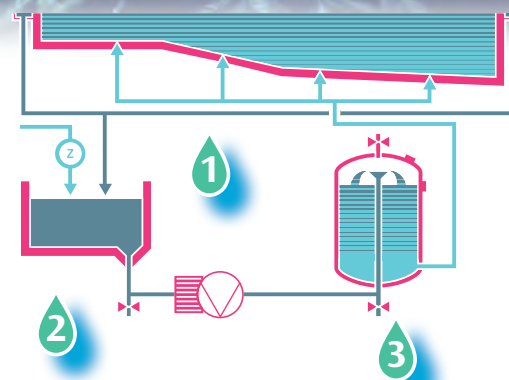


3 | Mikroskopische Aufnahme einer typischen Fadenalge *Cladophora* (a) und Besiedelung abgestorbener Fäden von *Cladophora* mit der Kieselalge *Cocconeis* (b) und Fadenalgen an Steinen (c); Fotos: Antje Kakuschke, KLS

Für den Aufwuchsversuch wurden zwei Folienstücke an geeigneten Stellen im Bad platziert. Dabei handelte es sich um eine FPO-Folie (FPO = flexibles Polyolefin), mit der auch die Becken in diesem Bad ausgekleidet sind. Eine Folie wurde regelmäßig wie auch im üblichen Betrieb gereinigt (GF = gereinigte Folie), die zweite Folie wurde nicht gereinigt (NGF = nicht gereinigte Folie). Einmal im Monat, von Mai bis September, wurde aus jeder Folie ein Stück herausgeschnitten. Der Aufwuchs, der sich darauf gebildet hatte, wurde anschließend qualitativ und quantitativ ausgewertet.

Legionellen? Pseudomonaden?

Wir reinigen und desinfizieren professionell.



Vorbeugend oder im Fall einer Verkeimung sollten Sie uns als Profis beauftragen:

- 1 Rohrleitungssystem:
Wir desinfizieren den kompletten Wasserkreislauf.
- 2 Wasserspeicher:
Wir reinigen und desinfizieren wirksam gemäß DIN 19643-1.
- 3 Filtermaterial:
Wir beseitigen organische Substanzen.

dp Wasseraufbereitung Poschen GmbH

Obenketzberg 7 · 42653 Solingen
Telefon 02 12/38 08 58 15

info@dp-wasseraufbereitung.de
www.dp-wasseraufbereitung.de

zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001



Es zeigte sich, dass die Gesamtbiomasse der Algen im Mai am geringsten und im Juli am höchsten war (siehe Abbildung 5). Am häufigsten vertreten waren je nach Monat Zier- und Jochalgen, Blaualgen und/oder Grünalgen.

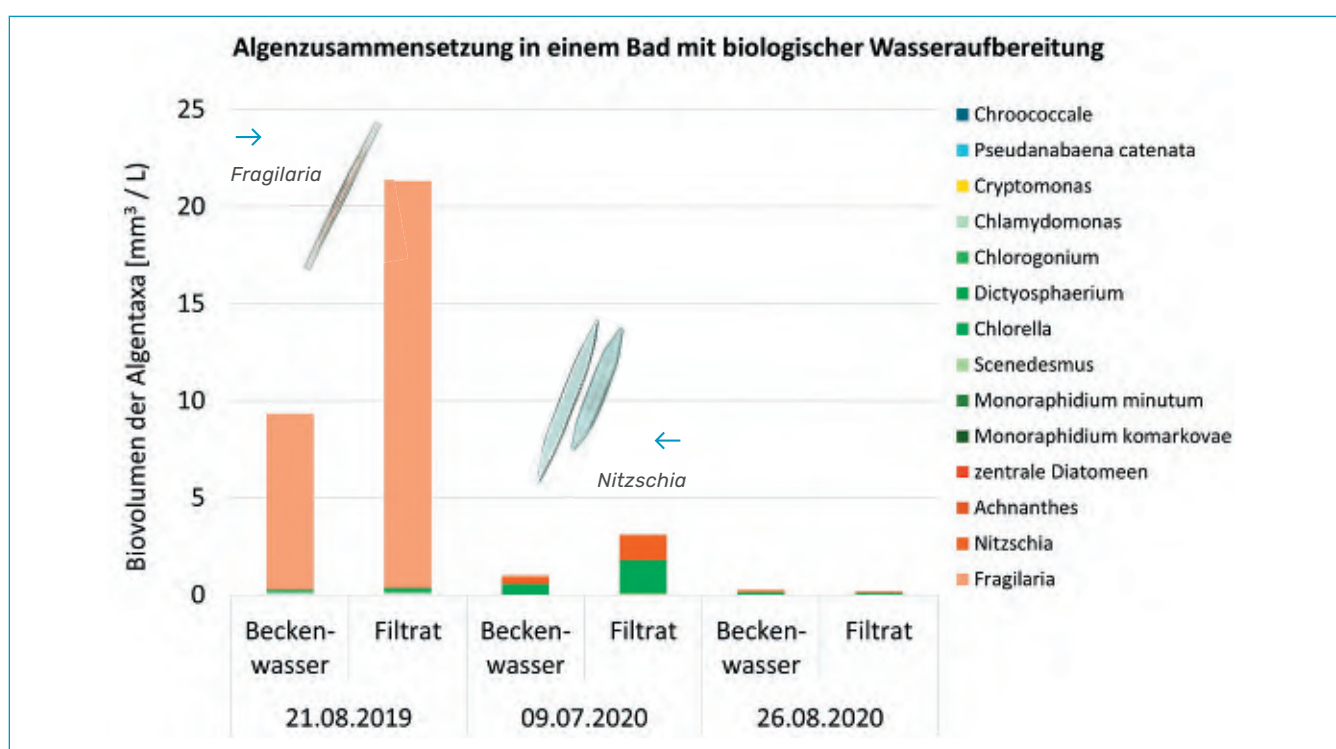
Besonders interessant war eine ab Juni stattfindende Kalkausfällung, die im Laufe der Saison weiter zunahm. Die Wasserhärte im Bad ist als „weich“ bis „mittel“ einzustufen. Die starken Kalkausfällungen waren demnach nicht auf eine besonders hohe Härte des Wassers zurückzuführen, sondern vielmehr auf die

biogene Entkalkung durch die Aufwuchsalgen. Allen Algen ist gemein, dass sie Sauerstoff produzieren, also ein aerobes Milieu erzeugen und Kohlendioxid verbrauchen. Letzteres verursacht eine Zunahme des pH-Wertes, wodurch sich das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht verschiebt und Kalkausfällungen hervorgerufen werden. Einer groben optischen Einschätzung nach waren am Ende der Saison auf der nicht gereinigten Folie ca. 60–70 % des Belages Kalk, die übrigen 30–40 % Bewuchs gewesen.

Viele der vorgefundenen Arten indizieren ein oligotrophes, organisch nicht belastetes Gewässer, was auf das Freibad zutrifft. Das Vorkommen strömungsliebender Arten auf den Folien weist zudem auf eine erhöhte Strömung hin. Da die Folien in unmittelbarer Nähe einer Ein-

strömdüse und eines Skimmerabzuges befestigt waren, ist tatsächlich von einer relativ hohen Strömung in diesem Bereich auszugehen. Die erhöhte Strömung fördert vermutlich das Wachstum der benthischen Lebensgemeinschaften bzw. Biofilme („eutrophierende Wirkung der Strömung“). Eine erhöhte Fließgeschwindigkeit führt zu einer Verringerung der an Nährstoffen verarmten Grenzschicht. Damit verbunden ist eine Verkürzung der Diffusionswege und eine verbesserte Versorgung der Organismen mit Nährstoffen. Dieses Phänomen könnte eine Erklärung dafür sein, dass trotz der oligotrophen Verhältnisse im Wasserkörper des Bades festsitzende Algenbeläge (u. a. Biofilme) sich ausreichend mit Nahrung versorgen und entsprechend hohe Biomassen ausbilden konnten.

4 | Anreicherung von Kieselalgen im Filtersystem eines Bades mit biologischer Wasseraufbereitung. Vertreter der Gattungen *Nitzschia* (2020, rot) und *Fragilaria* (2019, orange)

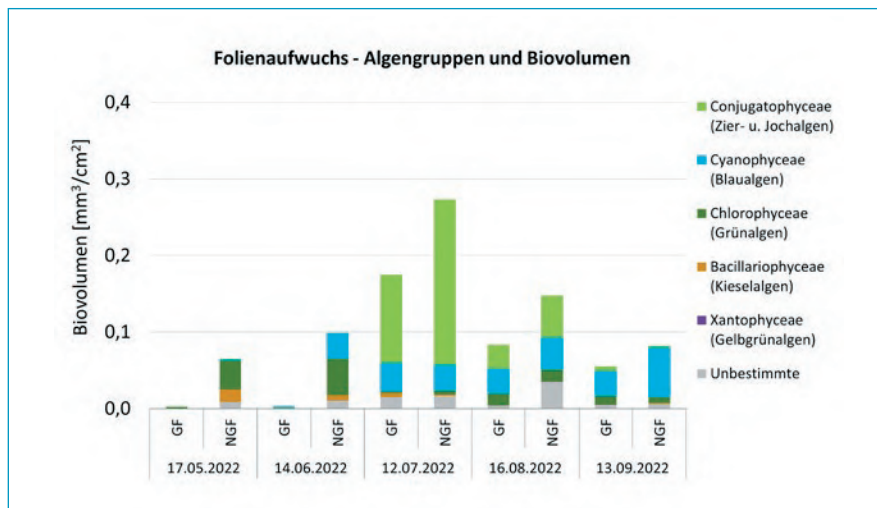




5 | Saisonale Veränderung der Zusammensetzung und Biomasse des Algenaufwuchses auf gereinigten (GF) und nicht gereinigten (NGF) Folienstücken in einem Bad mit biologischer Wasseraufbereitung.



← Ausschnitt einer nicht gereinigten Folie mit sichtbaren Kalkverkrustungen



Fazit

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Biofilme glitschige Beläge oder Kalkausscheidungen verursachen, die im Beckenbereich neben einer erhöhten Rutsch- und Unfallgefahr ein unschönes Aussehen bewir-

ken. Sie erfüllen jedoch wichtige Aufgaben insbesondere im Filterbereich eines Freibades mit biologischer Wasseraufbereitung. Sie sind maßgeblich an der Wasserreinigung beteiligt und bilden eine wichtige Grundlage im Nahrungsnetz und für die Artendiversität.



„Ihr Partner für Wasserdesinfektion und Wasseraufbereitung“



Kooperationspartner

Wallace & Tiernan®
an EVOQUA brand

GRUNDFOS

+GF+

GEORG FISCHER
PIPING SYSTEMS

JESCO

ProMinent®

Beierlorzer GmbH
Desinfektion, Dosiertechnik und Anlagenbau
Planung • Verkauf • Montage • Kundendienst

Langekamp 20 - 22 • 45475 Mülheim an der Ruhr • Telefon: 0208 / 99 40 90

www.beierlorzer-gmbh.de

