

Was die Welt im Innersten zusammenhält - oder wodurch wird das Wasser im Teich wieder sauber?

Der Schwimmteich oder Biopool etc. ist ein künstliches Gebilde, was unter natürlichen Bedingungen funktionieren soll.

Wenn es natürlich wäre, wäre das Bestreben den Schwimmteich/Biopool zu erhalten, widernatürlich. Aus diesem Grunde ist es notwendig, mit entsprechenden Maßnahmen, den Stand zu halten, den der Nutzer erwartet.

Das natürliche Bestreben eines Teiches ist es aber zu verlanden - dieser Entwicklung ist entsprechend entgegenzuwirken. Fälschlicherweise werden die angelegten Teiche meistens als Teiche bezeichnet - nach genauer Definition sind es aber Weiher – jedoch werde ich im Folgenden, wie allgemein üblich, bei der Bezeichnung Teich bleiben.

Es ist unumstößlich, dass das Wasser, welches im Teich im Gebrauch war oder auf anderen Wegen unangemessen hohe Konzentrationen an Inhaltsstoffen/Nährstoffen (z.B. Kohlenstoff_{org.}, Stickstoff, Phosphor) aufgenommen hat, wieder aufbereitet, also gereinigt werden muss.

Für die nachhaltige Wasseraufbereitung muss das Teichwasser in zwei Phasen gereinigt werden – zunächst ist es notwendig, die ungelösten Bestandteile (ca. $\geq 100 \mu\text{m}$, damit der Biofilm nicht zum Wasser hin abgedeckt wird und dadurch der direkte Wasserkontakt verloren geht) aus dem Teichwasser zu filtrieren. Dazu gehören z. B. die Pflanzenreste, totes Zooplankton, ebenso Phytoplankton. Die ungelösten Bestandteile sollten sofort aus dem Wasser filtriert werden, damit eine permanente Rücklösung ins Wasser und Verstopfungen durch diese nicht stattfinden. Dadurch würde das Gleichgewicht im Teich (klares, sauberes Wasser) erheblich gestört, wodurch sich Überpopulationen entwickeln können (z.B. Algenblüte).

Die zweite Phase einer nachhaltigen Wasseraufbereitung im Teich bezieht sich auf die gelösten Bestandteile im Wasser. Das sind hauptsächlich die Stickstoffverbindungen (Ammonium, Nitrit, Nitrat), das Phosphor und natürlich der organische Kohlenstoff. Die ungelösten Inhaltsstoffe werden durch biologische – zum größten Teil durch Mikroorganismen im Biofilm (soweit sie zur Verfügung stehen) aus dem Wasser filtriert.

Die Natur hat die Reinigung des Wassers in die Stoffkreisläufe integriert um sich ergebene Ungleichgewichte – durch den Eintrag von Inhaltsstoffen - wieder in ein Gleichgewicht zu bekommen.

Eine unangenehme Entwicklung in Schwimmteichen kann z.B. dadurch entstehen, dass durch den Eintrag von Inhaltsstoffen/Nährstoffen sich eine dichte und störende Population an Algen (einzellige oder mehrzellige) entwickeln kann. Beide Algenpopulationen können ab einer bestimmten Dichte störend für den Benutzer sein – das Teichsystem ist damit dann aus dem Gleichgewicht geraten und muss wieder ins Gleichgewicht zurück gebracht werden.



Abb. 1: Ein Teich im Ungleichgewicht, dadurch übermäßige Algenbildung

Diese Aufgabe wird in der Natur durch die Destruenten (s. Abbildung 2) übernommen.

Die Destruenten sind physiologisch in der Lage direkt die gelösten Inhaltsstoffe/Nährstoffe aus der Wasserphase aufzunehmen und entweder neue Biomasse (Reproduktion) zu bilden, die Mineralisation durchzuführen, oder aus den Nährstoffen Stoffwechselenergie zu gewinnen. Besonders wichtig ist hier der organische Kohlenstoff, neben Stickstoff und Phosphor, da er Ausgangsstoff für viele Biosynthesen bzw. reproduzierte Biomasse ist. Dieser organische Kohlenstoff stammt aus abgestorbenen Pflanzen, aus abgestorbenen z.B. Zooplankton oder Phytoplankton etc.

Durch diese Umsetzung liefern die Destruenten den Primärproduzenten (z.B. Pflanzen, Algen) und damit den Konsumenten (Zooplankton, Fische) wieder verfügbare Nährstoffe. Ohne Destruenten wäre die Nahrungskette nicht geschlossen und würde zusammenbrechen.

Sehr wichtig in diesem Zusammenhang sind dabei die Nitrifikation, Denitrifikation und Anammox-Reaktionen, wodurch der in der organischen/anorganischen Materie gebundene Stickstoff wieder in den Kreislauf rückgeführt wird. Diese Leistungen vollbringen quantitativ auch die Destruenten – die Primärproduzenten partizipieren davon und könnten ohne diese Leistungen nicht existieren.

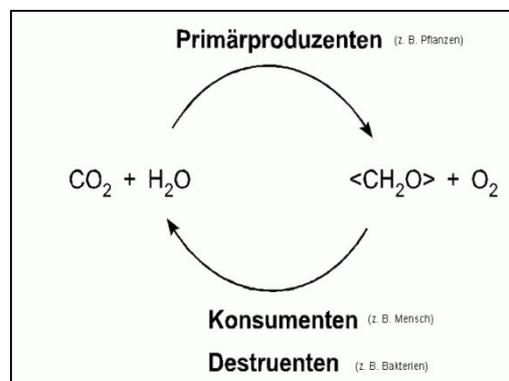


Abb.2: Beispiel für den Stoffkreislauf des Kohlenstoffs

Diese Destruenten sind in wässrigen Systemen hauptsächlich in sogenannten Biofilmen organisiert. Biofilme sind eine strukturierte Gemeinschaft von

Mikroorganismen, die in einer selbst geschaffenen Matrix an belebten und unbelebten Oberflächen anheften können. Neben Bakterien können auch Pilze, Protozoen, Rotatorien und Nematoden auftreten.

Diese Biofilme sind auf festen Oberflächen, die mit der Wasserphase im Kontakt stehen, lokalisiert. Mehr als 95% der weltweit vorkommenden Mikroorganismen leben in Biofilmen – nachweislich gibt es diese Lebensform schon 3,5 Milliarden Jahre. Die Matrix des Biofilms, die EPS (Extrazelluläre polymere Substanzen), die von den Mikroorganismen aufgebaut werden, dient nicht nur als Schutz vor widrigen Bedingungen (Wasserverlust, Schwermetalle, pH-Schwankungen, Biozide, Fresskonkurrenten), sondern auch als „Lager“ = Senke, für Nährstoffe. Hier spielt neben dem wichtigsten, dem organischen Kohlenstoff, der Stickstoff und auch Phosphor eine wichtige Rolle. Der Biofilm ist somit eine Senke für diese Elemente und nicht nur für diese. Sie werden hier aber nicht endgespeichert, sondern können z.B durch abrasive (physikalische oder biologische) Vorgänge wieder in die Kreisläufe gebracht werden. Die Biofilme sind in den Stoffkreisläufen und ein Knotenpunkt für die Elemente und Gleichgewichtseinstellungen in der Natur.



Abb. 3: Biofilm auf Trägermaterial im Biofilter

Das natürliche Prinzip, was immer in Gleichgewichtsreaktionen reagiert, ist bei der Wasseraufbereitung der Teiche anzuwenden. Es sollte vermieden werden, Ungleichgewichte zuzulassen. Dazu gehört z.B. ein Übermaß an Kohlenstoff_{org.} im Teichwasser, was die Dichte an Mikroorganismen im Teichwasser erhöhen kann. Auch wenn zu viel Stickstoff im freien Wasser vorhanden ist, können sich die Algen übermäßig entwickeln und Algenblüten hervorrufen. Das gleiche kann durch eine übermäßige Konzentration an Phosphor auftreten – wobei hier das Verhältnis von Stickstoff zum Phosphor die ausschlaggebende Rolle spielt, ob und welche Algen sich im Übermaß entwickeln können. Diese Gleichgewichte werden hauptsächlich über die Destruenten in Ökosystemen und auch im Teich wieder eingestellt.

Der Einfluss von oberer und der submersen Pflanzen im Wasser, bezüglich der Wassergüte, ist hauptsächlich rein physikalischen Charakters. Sie stabilisieren die Oberfläche von z.B. Kiesbetten, schaffen durch die Durchwurzelung des Filtermaterials bessere physikalische Bedingungen für entsprechende Filterwirkung. Sie verhindern temporär die Verstopfung des Bodens und sie isolieren das System vor intensiver Kälte während des Winters. Für die Reinigung des Teichwassers sind sie nicht zwingend notwendig.

Bei einer Verstopfung/Kolmation von z.B. Kiesbettfiltern handelt es sich um eine oberflächige Entwicklung - hauptsächlich auf den ersten 1 bis 2 cm des Kiesbeets.

Die Hauptursache der Kolmation ist die Vermehrung bzw. das Wachstum der Mikroorganismen – die hauptsächlich für die Wasseraufbereitung verantwortlich sind - und die Anreicherung von ungelösten Bestandteile im Wasser (z.B. Pflanzenreste). Der Biofilm, der auf Pflanzenbestandteilen wächst, ist in der Gesamtläche nicht ausreichend und in der Regel auch nur temporär begrenzt vorhanden. Er unterliegt also immer wieder einem Auf- und Abbau, was einer nachhaltigen Leistung entgegensteht.

Der Biofilter in einem Teichsystem muss auf anderen Oberflächen dauerhaft und nachhaltig lokalisiert sein. Das Wachstum der mikrobiellen Biomasse ist absolut notwendig, um die Leistung der Wasseraufbereitung des Biofilters zu erhöhen – aber die gebildeten EPS können zusätzlich den Porenraum in einem schlecht durchströmten, biologischen Filter (z.B. Kiesbettfilter, Kammerfilter o.ä.) schon nach kurzer Zeit verstopfen. Dieser Vorgang kann durch niedrige Temperaturen noch wesentlich begünstigt werden. Weiterhin muss ein Maximum an Oberfläche für den Biofilm zur Verfügung stehen. Die Lösung für einen aktiven Biofilm in einem gut arbeitenden Filter liegt auch in der verfahrenstechnischen Variation des biologischen Filters im Teichsystem, um die gelösten Wasserinhaltsstoffe heraus zu filtrieren.

Phosphat

Gelöstes Phosphat gelangt über verschiedene Wege ins Wasser und ist ein essentieller Nährstoff für alles Lebendige, incl. Mikroorganismen, Algen, Zooplankton, Phytoplankton u.a. Erhöhte Werte können für Ungleichgewichte im System Teich verantwortlich sein.

Die Entfernung des im Teich oder See gespeicherten Phosphors kann durch Austrag von organischer Substanz, oder durch Fixierung des Phosphors in dazu geeigneten Systemen, den *soliden* Biofilmen, erfolgen. Der mit dem Wasser durch- und überflossene *solide* Biofilm nimmt den Phosphor auf. Die Differenzierung zwischen Biofilm und *soliden* Biofilm ist notwendig, da es erhebliche Unterschiede in der Leistungsfähigkeit von Biofilmen gibt – kurz, Biofilm ist nicht gleich Biofilm.

Quantitativ bindet z.B. Belebtschlamm in den Kläranlagen bis ca. 1-2% Gewichtsprozente (Trockensubstanz) Phosphor aus dem Wasser. Ein intakter und *solider* Biofilm hingegen kann um den Faktor 3-4 mehr an Phosphor als Belebtschlamm aufnehmen. Die gesamte Menge richtet sich immer an der Verfahrenstechnik der Anlage aus, in der ein *solider* Biofilm überströmt wird. Wächst der Biofilm nun, können sich Teile davon ablösen. Diese Fetzen kommen wieder ins freie Wasser und werden von der mechanischen Stufe der Wasseraufbereitungsanlage ausfiltriert. Wenn sich im freien Wasser des Sees oder des Teiches Fische befinden, werden diese den Biofilm fressen und damit dienen vorhandene Fische (4 g / KG Fisch) als Senke, auch für das Phosphat. Natürlich kann auch teilweise der Biofilm „abgegrast“ werden – eine normale Entwicklung in einem Ökosystem. Der so von z.B. Ciliaten gefressene Biofilm verbleibt größtenteils in seinen chemischen Bestandteilen im Wasserkreislauf des Teiches.

Die Pflege von Zooplanton – wie es häufig empfohlen wird - löst das Problem nicht, außer wenn das Zooplankton von Fischen gefressen wird. Hier findet ein Teil des aufgenommenen Phosphors - über die Lebenszeit des Fisches (Goldfisch kann über 30 Jahre alt werden) - eine Senke. Ansonsten stirbt auch das Zooplankton ab, bildet einen Bestandteil des Sedimentes und gliedert sich in den Phosphorkreislauf des Teiches ein. Aber das ist keine Lösung des Problems.

Die Vorgänge in einem z.B. Kiesbettfilter können folgende sein. Am zeitlichen Anfang des Filters sind noch alle Wege frei. Über die Zeit bilden sich aber biologische Ablagerungen, die auch gelöste Wasserinhaltsstoffe aufnehmen. Dazu lagern sich auch ungelöste Bestandteile (Pflanzenreste etc.) im Kiesbettfilter, oder in anderen Kompartimenten vom biologischen Filtern, ab. Diese verstopfen die Wasserwege (Kolmation, s. oben), denn Wasser fließt immer den einfachsten Weg, und führen zu großflächigen, anaeroben und schlecht durchflossenen, physikalischen und biochemischen Bedingungen im Filter. Dadurch wird schon die Rücklösung des Phosphors angestoßen. Es entwickeln sich großflächige anaerobe Bereiche, in denen dann übel riechende Verbindungen mikrobiell gebildet werden können (z.B. H_2S = Schwefelwasserstoff). Die Filterleistung ist dann reziprok zu der eigentlichen Absicht und führt zu Eutrophierung des Systems Teich. Um die großen Kiesbettfilter, oder andere, unzulängliche Biofilter, frei zu halten, müssten die Filter zeitlich (mehrmals monatlich) stark rückgespült werden. Das kostet viel Energie und natürlich auch viel Zeit. Eine noch aktive Biologie kann dadurch teilweise wieder zerstört werden. Es dauert dann eine geraume Zeit, bis sich eine neue, aktive Biologie entwickelt.

Das Ausfällen des Phosphors mit Chemikalien, so wie es in z.B. Ausläufen der Kläranlagen durchgeführt wird, oder als empfohlene Anwendung in Schwimmteichen, bringt den wertvollen Phosphor in eine chemisch schwer zugängliche Verbindung, die für eine weitere, biologische Verwendung zunächst nicht mehr zur Verfügung steht. Finden aber die oben beschriebenen Vorgänge statt – anaerobe Bedingungen im Sediment – dann wird sich der gebundene Phosphor aus dem Sediment wieder rücklösen und ins freie Teichwasser gelöst. Diese sich dann einstellenden Ungleichgewichte führen z.B. zu Algenblüten, die man in der Regel nicht möchte. Zudem können die zur chemischen Phosphatfällung zugegebenen Metallsalze (z.B. Eisenchlorid oder Eisensulfat) zu biochemische Reaktionen führen und hierdurch eine starke Schaumbildung bewirken.

Wer Probleme mit dem Teichwasser nur auf das Vorhandensein von Phosphor zurückgeführt, macht es sich zu einfach und wird keine nachhaltige Lösung finden. Bei Ungleichgewichten können immer mehrere Faktoren der Auslöser sein. Nicht nachhaltige Herangehensweise an Wasserprobleme, wie die Verwendung von Zeolith, oder die Zugabe von z.B. Kupfer oder Silber, führen nicht zum Ziel den Teich in ein biologisches Gleichgewicht zu bekommen.

Eine natürliche Art und Weise, auch mit dem Problem Phosphor im Teich umzugehen, sind die *soliden* Biofilme, die über lange Zeit als Phosphatsenke dienen können. Das Sediment im Teich und auch die in kommunalen Kläranlagen auftretenden Belebtschlämme, sind keine Biofilme.

Die *soliden* Biofilme halten den Phosphor organisch gebunden und nicht erreichbar für die Algen. Ein weiterer Vorteil der soliden Biofilme liegt in der simultanen Nitrifikation und Denitrifikation. Der Hintergrund ist, dass bei der Denitrifikation der freiwerdende Sauerstoff dazu führt, dass die Phosphorrücklösung ins Wasser ausbleibt. Schon $1,3 \text{ mg/L NO}_3\text{-N}$ bewirken eine um 83% verminderte Rücklösung des Phosphors aus den Ablagerungen. Die Nitrifikation und Denitrifikation sind normale mikrobiologische Vorgänge, die in einem *soliden* Biofilm unter bestimmten verfahrenstechnischen Bedingungen, in einem biologischen Filter ablaufen sollten. In einem Kiesbettfilter werden sich diese Verhältnisse in der Regel nicht nachhaltig einstellen können. Auch Kammerfilter, bestückt mit Matten aus Kunststoff, oder

Bürsten sind erfahrungsgemäß nicht in der Lage, diese Voraussetzungen nachhaltig zu erfüllen.

Für die Beurteilung des Teichwassers müssen gängige und leicht anwendbare Wasserparameter gemessen werden. Dazu gehören der pH-Wert, Carbonathärte, Gesamthärte, Ammonium, Nitrit, Nitrat, Phosphor, möglicherweise noch Eisen, Kupfer und gelegentlich der DOC (Dissolved organic carbon). Diese Parameter sollten im Teichwasser als auch im Nachfüllwasser gemessen werden. Anhand der Ergebnisse kann der Betreiber den Zustand und die Eignung des Wassers beurteilen. Mikrobiologische Parameter runden das Bild ab.

Fazit

Um eine nachhaltige und erfolgreiche Wasseraufbereitung im Teichwasser etc. zu erreichen, ist es notwendig, das Ökotopt Teich als einen Lebensraum zu sehen, der sich in Gleichgewichten verhält – wie in der Natur auch. Geraten diese Gleichgewichte durcheinander – durch die Überpopulation eines Teichbewohners, z.B. Algen – müssen Maßnahmen greifen, die die Gründe für das Ungleichgewicht beheben. Wege dahin bietet uns die Bionik, in der die in der Natur ablaufenden Prozesse begriffen wurden und in ein nachhaltiges System, wenn möglich, überführt sind. Der für den Teich wichtigste Helfer für die Bildung von Gleichgewichten, ist der Destruent. Er wird durch die Konkurrenz zwischen Konsument, Produzent und Destruent, die unerwünschte Überpopulationen, wieder auf ein nachhaltiges Maß reduzieren. Dazu hat ihn die Natur „erfunden“ und Teichbauer und Teichbesitzer sollten sich diese zum Vorteil für die Wasserqualität zu Nutze machen.

Umweltbiotechnologie
Dr. rer. nat., Dipl.-Biol.
Jürgen Scheen
44137 Dortmund
www.Biofilmreaktor.de