

## Schwimmteichfolien im Fokus - Versuch einer Kategorisierung ihrer Oberflächeneigenschaften

*Sabine Schmidt-Halewicz<sup>1</sup> & Dennis Rosskoth<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> LimSa Gewässerbüro, Konstanz, Email: schmidt-halewicz@limsa.de, <sup>2</sup> Universität Konstanz, Stud. MA Life Sciences

**Keywords:** Schwimmteich, Naturpool, Folien, Oberflächen, Pflege, Biofilm

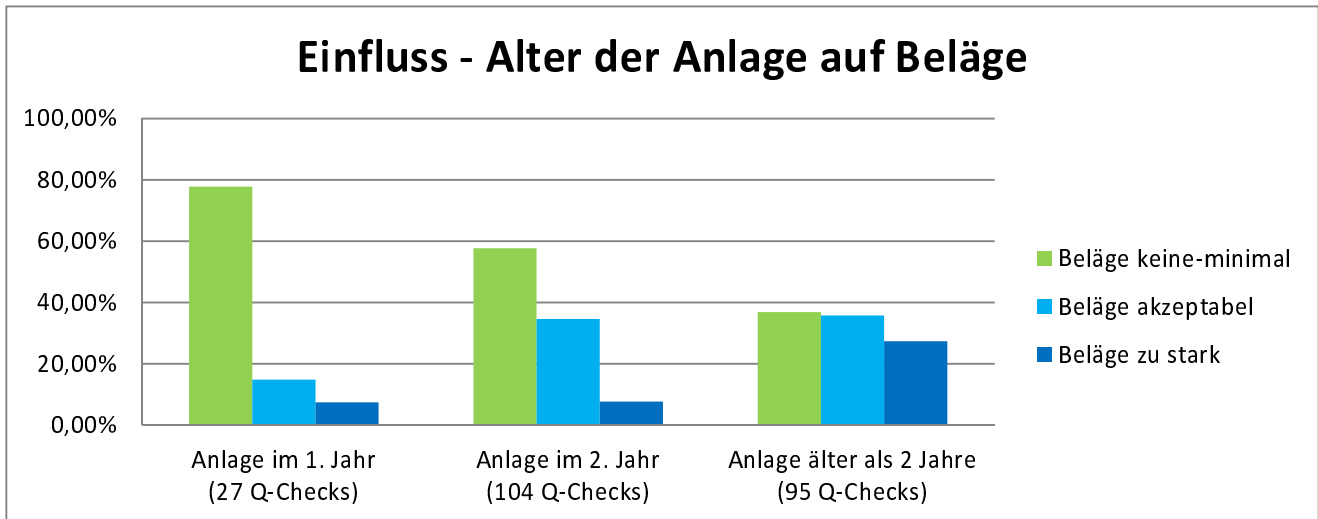
### Einleitung

#### *Ausgangslage*

Die Schwimmteich-Branche zählt bereits mehr als 10 Jahre; sie leitet sich von herkömmlichen, chemisch (zumeist mit Chlor) zu entkeimenden Beckentypen ab. Seither bieten biologische Schwimmteiche eine natur-verträglichere Alternative, denn das hauseigene Ökosystem sorgt für klares Wasser und kommt dabei ganz ohne Chemikalien aus. Zwar ist diese Alternative naturverträglicher, jedoch birgt sie neue Problemstellungen. Sogenannte Biofilme bilden sich in Schwimmteichen, sie müssen regelmäßig mechanisch mit einer Bürste oder einem Reinigungsroboter entfernt werden. Diese Biofilme setzen sich größtenteils aus organischen Stoffen, Bakterien und Pilzen zusammen. Nach Costerton et al. (1994) sind Biofilme Ansammlungen von Mikroorganismen wie z.B. Bakterien, in denen sich diese entweder aneinander oder an einem Untergrund anhaften. Sie besiedeln feste Oberflächen. In Schwimmteichen kommen hier im belichteten Bereich zusätzlich Algen hinzu (Baumhauer & Schmidt, 2008), deren Wachstum nicht durch Chemikalien gehemmt werden sollte (SVBP 2010); sie sind Teil des Ökosystems und gleichzeitig Teil eines neuen Problems.

Die Auskleidung mit Folien oder auch Kunststoffbahnen ist eine Form der Wandabdichtung gegenüber dem Erdreich bei der Errichtung der Anlagen. Die Folien weisen teilweise Oberflächenstrukturen auf, die bereits mit bloßem Auge oder leichter Vergrößerung erkennbar werden. Diese Strukturen können bewusst eingesetzt sein (Schutz gegen Rutschen), oder nicht bewusst eingesetzt sein, bspw. können sie ein Produkt der Herstellung der Abdichtungsbahnen sein (Hauser, 2012). Mehr Reibung und dadurch besseren Halt gebende Oberflächen sind aus sicherheitsgebenden Gründen nur im Einstiegsbereich vorgesehen (SVBP, 2010). Oberflächenstrukturen werden nicht nur im Schwimmteichanlagenbau, sondern auch in der Produktionstechnologie viel zu selten berücksichtigt (Hauser, 2012). Für eine in Arbeit befindliche Norm zur Hygiene in Kleinbadeanlagen und Schwimmbädern (DIN EN 16713-3:2016-08) könnte dieses Thema durchaus Eingang finden, denn die Oberflächen von verwendeten Materialien sind ebenfalls aus hygienischer Sicht zu betrachten. In den Vertiefungen von Oberflächen kann die Bildung von Biofilmen begünstigt werden, da sie schwieriger für den Reiniger oder eine Bürste zugänglich sind (Hauser, 2012). Dies trifft nicht nur auf den Biofilm zu, sondern ebenso auch für möglicherweise pathogene Keime, die sich darin einlagern könnten. Zusätzlich führen Kalkablagerungen in Schwimmteichen ebenfalls dazu, dass Vertiefungen entstehen, die weiteres Algen- und Mikrobenwachstum begünstigen (Bryers, 2000; Hauser, 2012).

Die Folieneigenschaften in Verbindung mit dem Auftreten der Algen führen in der Praxis bei vielen Schwimmteichen nach etwa 2-3 Jahren Betriebsdauer zu einem erhöhten Reinigungsbedarf (vgl. Abbildung 1). Durch die Reinigung wird die Folie u.U. angekratzt und ihre Oberfläche weiter vergrößert, des Weiteren kann an den Wänden mit einer manuell bedienten Bürste nicht genügend Druck aufgebaut werden, um den Bewuchs immer rückstandslos zu entfernen. Es bedarf daher einer reinigungsgerechten Gestaltung der Schwimmteichanlagen, um Problemen in der Zukunft vorzubeugen.



**Abb. 1: Entwicklung von Belägen in biologischen Schwimmteichen in Abhängigkeit vom Alter der Anlage (Quelle: LimSa Gewässerbüro; Q- steht für Qualität) Legende: hell = keine-minimale Beläge, dunkelgrau = zu starke Beläge**

### ***Fragestellung und Zielsetzung der Arbeit***

Ziel des Versuchsansatzes ist es, eine erste Kategorisierung anhand der Oberflächenstruktur von verschiedenen Teichfolien zu bestätigen und statistisch abzusichern. Drei Kategorien „glatt“, „wellig“ und „wellig-verletzbar“ sollen einen Aufschluss über den Zusammenhang zwischen Oberflächenstruktur und Algenwachstum zeigen, die üblicherweise als „Beläge“ wahrgenommen werden.

Als vierte Kategorie „0“ wurde neben den Teichfolien aus Polyolefinen (FPO), eine PVC Folie getestet. Ihre Oberfläche unterscheidet sich maßgeblich von FPO-Folien, sie ist noch glatter und zeigt unter dem Fotomikroskop keine körnige Oberfläche, wie es bei allen FPO-Folien der Fall ist. Hypothesen, die untersucht wurden:

- A Folien der Kategorie 3 („wellig-verletzbar“) werden am meisten Biofilm anlagern.
- B Die mechanische Beanspruchung verstärkt den Effekt.
- C Die Putzspuren/ Läsionen nehmen im Lauf der Benutzungsdauer einer Folie zu.

## **Material und Methoden**

### ***Auswahl der Folientypen***

- Kategorie 0: PVC Folie Ocean deluxe, Peraplas, grau, 1,5 mm dick
- Kategorie 1: Sikaplan WT 5300-13C, telegrau, 1,3 mm dick
- Kategorie 2: Austroplan FPO, grau, 1,8 mm dick
- Kategorie 3: Agru Relax G FPO, grau, 1,5 mm dick

Die Folien wurden etwa auf die Größe Din A6 (10 x 15 cm) zugeschnitten und von Fett und Verschmutzung gereinigt. Anschließend wurden sie horizontal in einem Trockenschrank<sup>1</sup> bei 60 °C für 24 Stunden getrocknet und dann das Gewicht mit einer Feinwaage<sup>2</sup> bestimmt (Staudt et al. 2004). Für die Bestimmung des Trockengewichts des Bewuchses wurde die Differenz aus [Folienstück trocken mit Bewuchs] und [Folienstück trocken und gereinigt] berechnet und dieses auf die Fläche des Stückes bezogen. Die Fläche der Folienstücke wurde berechnet mithilfe der Herstellerangaben zum spezifischen Gewicht. Die Folienstücke wurden zu 2x9 Stücken randomisiert in Hart-PVC-Rahmen (100x50cm) gespannt, damit sie ihre Lage nicht verändern konnten oder sich etwa überdecken.

### ***Setting in den Anlagen***

Zur Verfügung standen zwei Schwimmteiche für die Ausbringung der Folienstücke. Eine Musteranlage eines Garten-Landschaftsbauers im Thurgau mit 31m<sup>2</sup>. Diese Anlage ist mit schwarzer Kautschuk-Folie (EPDM) ausgekleidet, die zu testenden Folienstücke wurden hier horizontal etwa 20 cm unter der Wasseroberfläche auf dem Kiesbett der Unterwasseransaugung ausgelegt und dort jeweils zwei Wochen gelagert. Die zweite Anlage liegt in Tuttlingen und gehört einer privaten Familie. Dieser Schwimmteich bedeckt ebenso 30m<sup>2</sup> und ist mit hellblauer FPO-Folie ausgekleidet. Die Folien wurden hier senkrecht an der Nordwand angebracht, sodass sie etwa 20-50 cm unter der Wasseroberfläche wandparallel hingen. In beiden Schwimmteichen kamen für den Boden Reinigungsroboter zum Einsatz, während die Wände von Hand gereinigt werden müssen. Beide Besitzer protokollierten den Temperaturverlauf über die Versuchsdauer täglich, außerdem wurden zusätzlich die Parameter Leitfähigkeit, pH, Sauerstoff und Temperatur bei Start und Stopp ermittelt.

### ***Langzeitbeanspruchung***

Des Weiteren sollte der mechanischen Beanspruchung Aufmerksamkeit geschenkt werden. Dazu wurde ein Dauersimulationstest entwickelt, der eine Beanspruchung durch Putzen über 0, 1, 2 und 5 Jahre simulieren sollte. Die Auswertemethode war auf eine Bilddokumentation begrenzt. Weiter dazu im Diskussionsteil.

## **Ergebnisse und Diskussion**

Drei Messreihen konnten durchgeführt werden, jeweils 2 Rahmen in den zwei Anlagen wurden ausgewertet. Die erste Testreihe fand im April statt, die zweite im Mai, die dritte im Juni. Folglich werden Unterschiede in der Temperatur zwischen den drei Messreihen erwartet. Die durchschnittliche Temperatur stieg von Messreihe zu Messreihe. Im April betrug das Mittel 11°C, im Mai 13°C, im Juni schließlich 16°C. Die Testreihe aus der Anlage in Tuttlingen konnte nicht vollständig verwertet werden, da ein Großteil der Daten negative Werte erzeugte, was auf eine inkonsistente Versuchsabwicklung zu Beginn zurückgeführt werden konnte. Alle Ergebnisse wurden mit Excel und JMP berechnet.

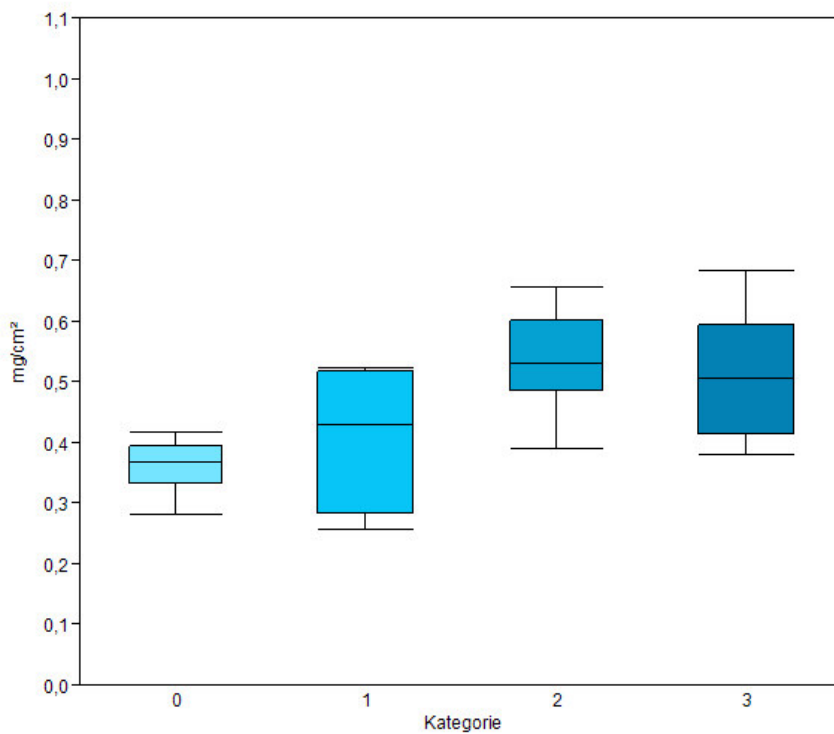
Beispielhaft sind die Boxplots des Bewuchses als 95% Intervall für die einzelnen Kategorien 0, 1, 2 und 3 für die April- und die Juni-Serie dargestellt. In Abb. 2 (April) lassen sich die Kategorien 0 und 1, sowie 2 und 3 noch nicht statistisch voneinander als getrennt wahrnehmen ( $p = < 0,05$  signifikant verschieden für die Zusammenfassung 0 +1, 2+3). Im Juni (Abb. 3) sind alle Kategorien mit einer Wahrscheinlichkeit von  $< 1\%$  voneinander verschieden in ihrem Bewuchs. Kategorie 3, das ist die

---

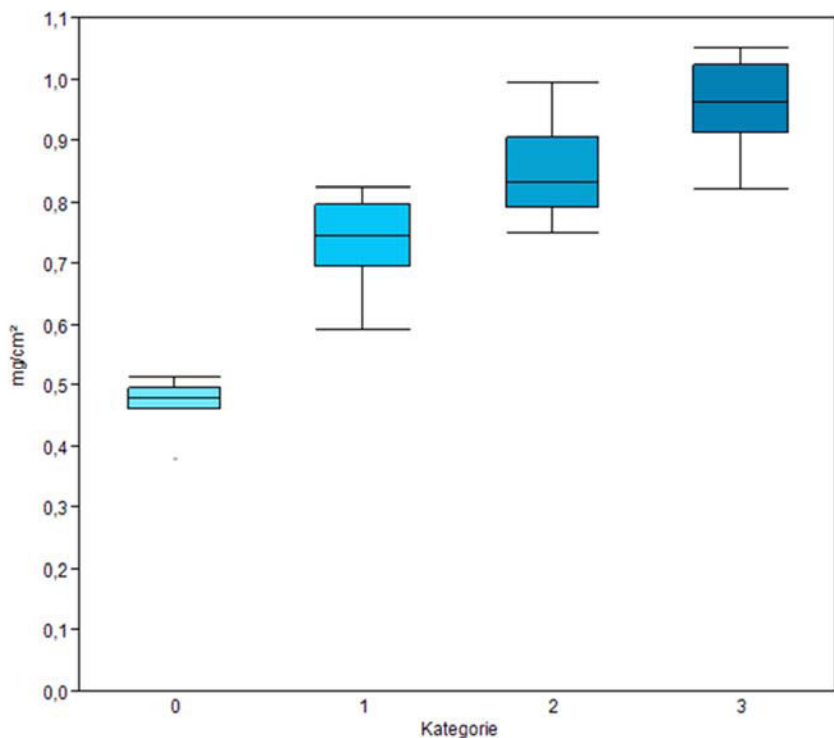
<sup>1</sup> Memmert 500 ULE

<sup>2</sup> Mettler AE 163

wellig gestaltete FPO-Folie, entwickelt dabei den meisten Bewuchs. Hiermit wird die auf Seite 2 formulierte Hypothese A bestätigt. Die PVC-Folie zeigt sowohl die geringsten Abweichungen im



**Abb. 2:** Die Mittelwerte des Bewuchses in 95%-Intervall-Boxplots in mg/cm<sup>2</sup> der einzelnen Kategorien aus der ersten Messreihe im April sind hier dargestellt; der Strich stellt den Mittelwert dar. Kategorie 0 und 1 sowie Kategorie 2 und 3 bilden hier jeweils zwei Gruppen, die sich signifikant voneinander unterscheiden ( $r^2=0,486$ ;  $F=8,5$ ;  $\alpha<0,001$ )



**Abb. 3:** Die Mittelwerte des Bewuchses in mg/cm<sup>2</sup> der einzelnen Kategorien aus der dritten Messreihe im Juni sind hier dargestellt. Hier unterscheiden sich alle Kategorien signifikant voneinander ( $r^2=0,894$ ;  $F=87,4$ ;  $\alpha<0,001$ )

Bewuchs, als auch die geringsten Mengen, die sich entwickeln. Hierbei bleibt unklar, ob ggf. Weichmacher, die jede PVC-Folie zwangsläufig enthält, eine Rolle spielen können.

PVC-Folie sollte im Schwimmteichbau nicht bevorzugt werden, da sie beim Einbau unter umweltschädlichen Dämpfen verschweißt werden muss. Im Gegensatz zu FPO enthält PVC Weichmacher,

deren Anteil bis zu 50% (Hauser, 2012) erreicht. Hier fehlen jedoch Langzeitdaten, um sicher sagen zu können, dass diese eine Gefahr oder Risiken für den Nutzer oder für den Biofilm selbst darstellen. Bei der Entsorgung fällt bei PVC Chlor und viel nicht recyclebares Material an. Im Brandfall setzt PVC Chlorgas und FCKW's frei. Deshalb ist FPO als eine nachhaltigere Lösung im Schwimmteichbau der Vorzug zu geben.

Die mechanische Alterung der Folien wurde durch einen Dauerbelastungstest simuliert. Die hiesige Vorgehensweise konnte jedoch nicht dazu beitragen, die Hypothesen B und C zu bestätigen. Einerseits waren keine Unterschiede durch rein deskriptive Bilddokumentation erfassbar. Andererseits wurden manche Folienstücke beeinträchtigt durch den Fraß von Tieren. Insbesondere Schnecken, die glatten Folienoberflächen abweiden, trugen zu fleckenhaft ungleichmäßigem Belagsbild bei. Eine Zunahme an Läsionen konnte optisch unter der Stereolupe betrachtet nicht verifiziert werden. Vielmehr wiesen alle Folienarten bzw. -kategorien Läsionen und Kratzspuren auf.

Der signifikante Unterschied zwischen Kategorie 2 und 3 zeigte sich erstaunlicherweise bereits nach 3 Ansätzen, also nach nur 3-maliger Reinigung. Die aufgestellte Hypothese C war, dass sich nach einem längeren Zeitraum (ca. 2-3 Jahre) durch die mechanische Nutzung Risse und Kratzer in der Folie anhäufen, die die Oberfläche vergrößern und dadurch vermehrt Biofilm an- und eingelagert werden kann. Um diese Hypothese weiter zu bestärken, sollte der Versuch unter kontrollierten Bedingungen im Labor (kontrollierte Temperaturverläufe sowie Ausschalten von Organismen, die den Biofilm beeinflussen) wiederholt werden.

### **Zusammenfassung/Schlussfolgerungen**

Offene Fragen, die sich ergeben haben, sind:

- Welchen Effekt allein die Oberflächenbeschaffenheit und welchen die Temperatur auf das Biofilmwachstum hat, sollte besser getrennt erkennbar sein.
- Gibt es evtl. doch Hemmstoffe, die PVC mehr oder weniger inert für den Bewuchs mit Biofilm machen - zumindest über die Dauer von 3 Monaten; wenn ja, wie lange hält dies dann an? Haben Weichmacher (meist Dioctylphtalat) einen Einfluss auf das Biofilm-Wachstum?
- Tatsächlich Hemmstoffe enthaltenden Folien sollten in den Vergleich genommen werden, sofern deren Verwendung noch den Anforderungen eines biologischen Bades genügt oder deren Testung erwünscht ist.

Die Folien Agru Relax G FPO, deren Oberflächengestaltung „wellig-verletzbar“ ausgeprägt ist, sind nicht geeignet für den Schwimmteichbau aufgrund ihrer hohen Bewuchs-Neigung.

### **Danksagung**

Dennis Rosskotheden danke ich für die Absolvierung seines Betriebspraktikums bei LimSa, Corinna Waider für statistische Unterstützung und Korrekturlesen. Der deutschen Gesellschaft für naturnahe Badegewässer danken wir für die Finanzierung.

### **Literatur**

- Baumhauer, J. und C. Schmidt (2008): Schwimmteichbau, Handbuch für Planung, Technik und Betrieb; Patzer-Verlag, Berlin, 392 S.
- Bryers, J. D. [Hrsg.] (2000): Biofilms II; J. Wiley-Liss, N.Y., 410 S.
- Costeron, J.W. et al. (1994): Minireview: biofilms, the customized microniche. J. of Bacteriology 176, 2137-2142
- DIN EN 16713-3:2016-08: Schwimmbäder für private Nutzung - Wassersysteme - Teil 3: Aufbereitung - Anforderungen; Deutsche Fassung EN 16713-3:2016
- Hauser, G. (2012): Hygienische Produktionstechnologie. Wiley-VCH, Weinheim.
- Staudt, C, Horn, H, Hempel, D.C. & T.R. Neu. (2004): Volumetric Measurements of Bacterial Cells an Extracellular Polymeric Substance Glycoconjugates in Biofilms - Biotechnology and bioengineering 88, 585-592.