

## **FORSCHUNGSRISULTATE AUS DER SCHWEIZ**

*ALGENRASENFILTER*

*TEICHREINIGUNG*

*MESSTECHNIK*

**ANDREAS GRABER**

VORTRAG  
DIENSTAG 30.01.2007  
9:00-10:00H  
UND 10:30 – 11:30H



**4. Internationaler Kongress und Fachmesse  
für naturnahe Badegewässer**

Öffentliche Naturbäder – Schwimmteiche – Sauna – Pools  
27. - 30. Januar 2007 - Messegelände Hannover



## 1. ALGENRASEN-FILTER IN SCHWIMMTEICHEN

### EINLEITUNG

Seit 2004 arbeitet die Fachstelle Ökotechnologie der Hochschule Wädenswil zusammen mit dem Schweizer Verband für naturnahe Badegewässer und Pflanzenkläranlagen (SVBP). Ziel ist, die Schwimmteichtechnik durch innovative Systemkomponenten zu verbessern. Die HSW leitet ein Projekt, das vom SVBP, elf Schweizer Schwimmteichbauern und der Kommission für Technologie und Innovation des Bundes (KTI) finanziert wird.

Objekt der Forschung ist der Algenrasenfilter, ein in den USA patentiertes Verfahren zur Abwasserreinigung (Adey 1982). Im Projekt wird das Potential dieser Algenrasenfilter (ARF) für eine biologische Elimination des Mikro-nährstoffes Phosphor getestet. Die Anlagen können bei allen Gewässern eingesetzt werden, um aktiv Phosphor zu entziehen.

Gehören denn Algen notgedrungen zu einem Schwimmteich? Ja, ich gehe sogar so weit zu sagen: in einem Schwimmteich ohne Algen fühle ich mich nicht wohl, da muss irgendein Giftstoff im Wasser sein. Aber natürlich ist das Ziel, das Algenwachstum so gering wie möglich zu halten, so dass es weder funktionell noch optisch als Störung empfunden werden muss.

### SYSTEM ALGENRASENFILTER (ARF)

Der Ansatz des Algenrasen-Filters ist einfach: wenn Algen im Schwimmteichen wachsen wollen, dann sollen sie doch, offensichtlich finden Sie hier ihre natürlichen Standortansprüche abgedeckt. Aber sie sollen im Algenrasenfilter (ARF) wachsen, wo sie einfach und zeitsparend entfernt werden können. Durch gezielte Algenkultivierung im ARF wird Phosphor aus Schwimmteichen entfernt und dadurch ein unerwünschtes Algenwachstum in der Badezone verhindert oder zumindest stark reduziert (Graber 2005, Graber & Junge 2005).

Der Algenrasenfilter besteht aus einem flachen Wasserbecken, das kontinuierlich mit Schwimmteichwasser versorgt wird. Darin werden Fadenalgen durch optimale Lichtversorgung und Nährstoffzufuhr ideale Wachstumsbedingungen geboten. Eine Kippschale beim Wassereinlauf sorgt für eine permanente Wellenbewegung, was das Algenwachstum um Faktor drei verbessert (Brunner 2005).

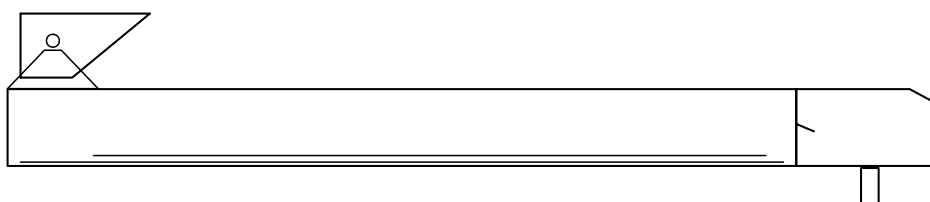


Abb. 1: Schematische Seitenansicht eines Algenrasenfilters



Abb. 2: Fünf Algenrasenfilter reinigen Schwimmteichwasser auf dem Garagendach

### PHOSPHORENTZUG AUF NATÜRLICHE WEISE

Algen benötigen für ein üppiges Wachstum gelöstes Phosphat in Konzentrationen über  $10 \mu\text{g P/l}$ , unter  $5 \mu\text{g P/l}$  ist kaum mehr ein Algenwachstum möglich (Mostert & Grobbelaar 1987, Brunner 2005). Eine Möglichkeit der Algenkontrolle besteht folglich darin, den Schwimmteich frei von Nährstoffen zu halten, insbesondere die Phosphatkonzentration unter diesen Schwellenwert abzusenken.

Um die Algenentwicklung in einem Schwimmteich zu prognostizieren und Systemfehler schon in der Planungsphase zu erkennen und zu lösen, wurde von Wesner (2004) das Konzept der Nährstoffbilanzierung postuliert. Dabei wird der Phosphoreintrag und -austrag in einem Schwimmteich abgeschätzt. Wenn die Bilanz einen Phosphorüberschuss aufweist, ist gezwungenermassen ein starkes Algenwachstum zu erwarten. Die Bilanz sollte negativ sein, ein Schwimmteich sollte mehr Phosphor binden können, als eingetragen wird, so dass den Algen keine überschüssigen Nährstoffe zur Verfügung stehen. Bei den Phosphateinträgen ist mit einem Grundeintrag durch Atmosphäre, Windfracht, Insekten oder Pflanzenmaterial von mindestens  $1 \text{ mg pro m}^2$  Teichfläche und Tag zu rechnen. Pro Badegast werden zusätzlich  $100 \text{ mg Phosphor pro Tag}$  eingetragen (Schulz 1981). Phosphorausstrag ist möglich durch den Austrag von Sedimenten und von Biomasse, in Form von Pflanzenschnitt oder abgefischten Algen.

Mit dem Algenrasenfilter wird ein Verfahren entwickelt, um den Phosphorgehalt des Schwimmteichwassers zu senken und damit einem unerwünschten Algenwachstum vorzubeugen. In überbelasteten Schwimmteichen kann damit die Phosphorbilanz ausgeglichen werden. Das Algenwachstum wird durch verschiedene Umweltfaktoren reguliert. Die limitierenden Faktoren sind Licht, Nährstoffe, Temperatur, pH-Wert, Karbonat-

härte sowie interspezifische Konkurrenz um diese Ressourcen. Der Algenrasenfilter nützt diese Eigenschaften aus, um in der Filtereinheit optimale Wachstumsbedingungen für fädige Algen zu schaffen und diese gezielt an einem Ort zu produzieren, wo sie nicht stören. Durch die geringe Wassertiefe von 3 cm werden den Algen gute Lichtbedingungen geboten, die Sonneneinstrahlung erwärmt das Wasser und beschleunigt das Algenwachstum zusätzlich. Aus dem Algenrasenfilter kann die überschüssige Biomasse leicht und konzentriert geerntet und kompostiert werden.

Im Gegenzug wird das Wachstum von freischwimmenden Algen im Schwimmteich verhindert, da im Wasser gelöstes Phosphat im Algenrasenfilter in der Biomasse gebunden und aus dem System entfernt wird.

### **SPEZIALFALL SCHWIMMTEICH: NUR FÜR HUNGERKÜNSTLER**

Die bisherigen Einsatzgebiete von Algenrasenfiltern in Texas, Maryland und Kalifornien umfassten eine Temperaturspanne von 15 - 33 °C und konstant hohe Phosphorgehalte von 2-10 mg P/l in den Abwasserzuflüssen, was einen ganzjährig konstanten Betrieb ermöglichte (Adey 1982, Adey & Loveland 1998, Craggs et al. 1996, Craggs 2001, Mulbry & Wilkie 2001, Wilkie & Mulbry 2002). Dabei wurden kontinuierlich hohe Phosphorentzugsleistungen gemessen im Bereich 100 – 520 mgP/m<sup>2</sup>/Tag.

Die Nährstoffbelastung im Schwimmteich schwankt saisonal und unterscheidet sich inhaltlich stark von einer kontinuierlichen Belastung in Aquarien oder bei Abwasserzufuhr. Die Phosphorkonzentration liegt Faktor 1'000 unter den Werten im Abwasser. Wie hoch ist da noch die zu erwartende Entzugsleistung?

### **RESULTATE DER ALGENPRODUKTION**

Je nach Algenwachstum wurden die Algen alle zwei- bis drei Wochen manuell geerntet und kompostiert, wobei ein Modul rund 100 l Spülwasser verbrauchte. Sowohl unter Praxisbedingungen am Schwimmteich (5-10 µgP/l) wie unter Laborbedingungen (100-1000 µgP/l) Anlagen wurden Wachstumsraten von 3.2 g Algen-Trockensubstanz pro m<sup>2</sup> und Tag gemessen. Bei einem Trockensubstanzgehalt von durchschnittlich 8 % entspricht das 40 g feuchten Fadenalgen, die täglich in einem Modul heranwachsen. Laut Literaturangaben für ähnliche Systeme sind bis zu zehnmal höhere Wachstumsleistungen möglich (Craggs et al. 1996, Mostert & Grobelaar 1987, Mulbry & Wilkie 2001, Schumacher 2002). Diese Werte wurden jedoch bei Algenproduktion in Agrarabwässern erreicht, wo die Algen üppig mit Nährstoffen versorgt wurden (rund 5 mg P/l). Ein Versuch zur Phosphorelimination im Tagesverlauf zeigte, dass Fadenalgen auch im nährstoffarmen Wasser der Schwimmteiche gediehen und ihr Wachstum erst bei rund 5 µg P/l limitiert wurde (Brunner 2005).

Die gemessene Elimination der Labormodule lag im Februar bei rund 14 mgP/m<sup>2</sup>/Tag. Berechnet man den Phosphatentzug der Algen (Algenproduktion mal Phosphorgehalt), wird deutlich, dass die Fixierung in der Algenbiomasse rund 20 bis 70 % dieses Totalentzugs ausmacht. Ein weiterer Eliminationsweg ist die chemische Fällung, bei pH Werten über 9 wird Calciumphosphat ausgefällt. Im Juli stieg der Phosphorentzug auf 60 – 250 mgP/m<sup>2</sup>/Tag an, die stärkere Sonneneinstrahlung hatte einen messbaren Einfluss auf das Algenwachstum.

Der Phosphatentzug der Algen ist hauptsächlich gekoppelt an die Photosynthese. Nachts können Algen zwar Phosphate an ihre Zellmembranen anlagern, die Eliminationsraten sind jedoch kleiner als 10% wie bei Tageslicht (Brunner 2005, Hidber 2006). Bei Wasserstillstand können die Algen den pH im ARF bis zu 10.5 anheben. Die erhöhte Phosphorelimination tagsüber kommt durch die zusätzliche Ausfällung von Calciumphosphaten bei pH-Werten über 9 zu Stande. Nachts sinkt der pH-Wert um bis zu 2 Einheiten. Aus diesen Überlegungen kann es sinnvoll sein, die Algenrasenfilter nur tagsüber zu betreiben.

### SAISONALER BETRIEB

In mitteleuropäischen Klimaverhältnissen muss der Betrieb saisonal differenziert erfolgen: in den kühlen und lichtarmen Wintermonaten ist das Algenwachstum und damit die Reinigungsleistung reduziert, allerdings ist durch einen Wegfall der Badenutzung auch der Nährstoffeintrag reduziert. Über den Winter wird abgestorbene Biomasse im Festbettfilter mineralisiert. Die Nährstoffe akkumulieren sich im Wasser, da keine Vegetation vorhanden ist, die Nährstoffe aufnehmen könnte. Im Frühjahr bis zu einer Wassertemperatur von rund 18 °C haben die Algen einen Konkurrenzvorteil gegenüber den Wasserpflanzen, da sie im kühleren Wasser schneller wachsen. Dieses Algenwachstum wird vom Schwimmteich in den Algenrasenfilter verlagert, wo es sogar erwünscht ist, um das Schwimmteichwasser vor Beginn der Badesaison möglichst phosphatfrei zu halten. Der Algenrasenfilter wird danach selbst Phosphat-limitiert. Bei erneutem Phosphateintrag durch Badende wird das Wachstum des Algenrasens angeregt und die Nährstoffzufuhr darin gebunden, bevor im Nutzungsbereich freischwimmende Algenwatten wachsen können. Der Algenrasenfilter wirkt somit präventiv und kontinuierlich.

### SPONTANES ALGENWACHSTUM OHNE ANIMPfung

Nach dem Stillstand der Algenrasenfilter, bedingt durch die Wintertemperaturen, müssen diese möglichst rasch mit neuem Algenmaterial bestückt werden. Bei Projektbeginn war geplant, Algenrasen im Gewächshaus zu kultivieren und eingerollt per Post an Betreiber zu verschicken, um diesen eine sofortige Phosphatbindung zu ermöglichen. In Versuchen zeigte sich, dass nach 3 Wochen kein Unterschied mehr festzustellen war zwischen vorkultivierten Algenrasen und solchen, die spontan im Schwimmteich

anwachsen. Ein ARF kann also in jedem Schwimmteich innert wenigen Wochen «eingefahren» werden, ohne teichfremde Biologie einzusetzen.

Algenrasenfilter ergänzen die Reinigungsleistung der Regenerationsbereiche. Dadurch kann der Flächenanteil des Nutzungsbereiches an der Gesamtfläche der Badeteichanlage erhöht werden. Durch das verhinderte Wachstum von Fadenalgen im Schwimmteich werden die Ausfälle von eingesetzten Wasserpflanzen reduziert. Die Algenentfernung erfolgt effizient aus dem Algenrasenfilter und erübrigt eine flächendeckende Reinigung der Regenerationsbereiche mit aufwendiger Technik.

Der Algenrasenfilter kann auf Flachdächern von Garagen- oder Hausdächern installiert werden, üblicherweise bestehend aus einem oder mehreren Modulen von je 1 m<sup>2</sup> Filterfläche, denen in Parallelschaltung Wasser zugeführt wird. Das System ist vollständig aus 1.5 mm dickem Chromstahl gefertigt und misst 2.0 m x 0.57 m. Ein ARF besteht aus Kippschale, Algenwanne, Algenrasenträger und Sammelrinne mit 50 mm Ablaufstutzen. Die Algenwannen können auch optisch ansprechend in Bachläufe bestehender Schwimmteiche integriert werden.

## ZUSATZNUTZEN ENTKEIMUNG

Der Einsatz von Algenrasenfiltern kann nebst dem Ziel der Nährstoffreduktion auch erfolgen in der Absicht, an einem Schwimmteich mit befriedigender Nährstoffbilanz gezielt die hygienische Situation zu verbessern.

In gezielten Laborversuchen ging Zumstein (2006) der Frage nach, ob die Algenrasen auch eine verbesserte Keimelimination erbringen könnten. Er untersuchte den Einfluss von adhärennten Algen auf den Fäkalindikator *Escherichia coli* als Modellorganismus mit dem Ziel, die Eliminationsfaktoren zu bestimmen. Im ARF angewachsene Algen wurden unter verschiedenen Laborbedingungen mit *E. coli* im Wasser (ca. 1000 Zellen / 100 ml) in Kontakt gebracht. Anschliessend wurde *E. coli* im Wasser mit der Membranfiltrationsmethode des Schweizerischen Lebensmittelbuches nachgewiesen als Koloniebildende Einheiten (KbE).

Es stellte sich heraus, dass die Anwesenheit von Algen die Elimination von *E. coli* beschleunigt. Diese Wirkung kam hauptsächlich durch erhöhte pH-Werte ( $\geq 9.5$ ) zustande. Die maximal erreichte Eliminationsrate (In *E. coli*) bei Licht mit Algen betrug 5.63 pro Stunde und Gramm Algen – Trockenmasse. Dies entspricht einer Reduktion von ca. 2'800 KbE /100 ml in 4 Stunden. Die Bedingungen dabei waren pH 9.8-10.3, O<sub>2</sub> 7-8.7 mg/l, Licht 22.6 W/m<sup>2</sup>, 20 °C, 1160 cm<sup>2</sup> Algenrasen, 10 L Wasser.

Das künstliche Licht zeigte keine Wirkung auf die Keimelimination, ebenso der Sauerstoffgehalt. Eine Keimelimination durch Adsorption an Algen, sowie durch Algtoxine kann als vernachlässigbar angesehen werden. Dennoch sind die Resultate bedeutsam für den Praxisbetrieb von ARF, weil

in der Algenwanne durchaus pH-Werte von 9-9.5 erreicht werden. Das Schwimmteich-Wasser erfährt in der Algenwanne einen pH-Anstieg, dieser Effekt kann mit Durchflussgeschwindigkeit gesteuert werden.

## ZUSATZNUTZEN WÄRMEREGULIERUNG

Algenrasenfilter ermöglichen eine Wasserrauaufbereitung kombiniert mit einer Wassererwärmung und dadurch Verlängerung der Badesaison. Tagsüber erwärmt die Sonne das Ablaufwasser aus Algenrasenfiltern um mehr als 2 °C, nachts kühlt die kühlere Umgebungsluft und die Wärmeabstrahlung das Ablaufwasser aus. Im Sommer sind Temperaturen über 30 °C förderlich für das Algenwachstum, andererseits können dabei Wasserorganismen direkt oder indirekt via den reduzierten Sauerstoffgehalt im Zielgewässer geschädigt werden, so dass der Teich gekühlt werden muss. Unter diesen Umständen ist es sinnvoll, den Algenrasenfilter gezielt nur zeitweise zu betreiben, je nach Einsatzzweck:

- Um die Wassertemperatur anzuheben, erfolgt die Wasserumwälzung nur tagsüber. Dadurch wird der Wärmegewinn optimiert, indem die nächtliche Wärmeabstrahlung umgangen wird.
- Um die Wassertemperatur zu senken, erfolgt die Wasserumwälzung permanent, und die nächtliche Wärmeabstrahlung wird ausgenutzt.
- Um die Wassertemperatur stark zu senken, kann die Wasserumwälzung nur nachts über erfolgen. Dabei muss allerdings auf einen Grossteil des Phosphorentzugs verzichtet werden.
- Saisonal abhängig kann die Betriebsart gewechselt werden.

Der Datenauszug vom Juni zeigt die verschiedenen Auswirkungen: Vom 4. bis 11. Juni kühlte sich der Teich ab, die Temperatur im ARF lag rund 1 °C tiefer, er beschleunigte somit die Abkühlung. Ab dem 11. Juni heizte die Sonne den Schwimmteich, die Temperatur im ARF lag rund 2 °C höher, er wurde effektiv zum Sonnenkollektor. Ab dem 21. Juni wurde tagsüber ein Wärmeintrag, nachts eine Abkühlung gemessen. Der Wärmegewinn aus dem ARF kann also optimiert werden, wenn er nur tagsüber betrieben wird.

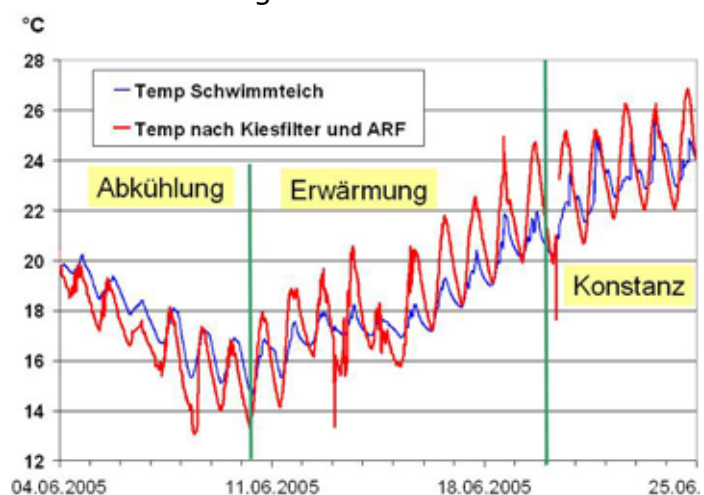


Abb. 3: Temperatursteuerung eines Schwimmteichs

## KONTROLLIERTE SUKZESSION

Der Schwimmteich unterliegt einer saisonalen Sukzession, wie sie aus natürlichen Teichsystemen im Fachgebiet der Limnologie bekannt ist (Lampert & Sommer 1993). Ziel eines Schwimmteichbesitzers ist jedoch, einen definierten Zustand permanent aufrecht zu erhalten, nämlich das Klarwasserstadium ohne Algenentwicklung, aber üppigem Pflanzenbewuchs. Der Algenrasenfilter ist somit ein Instrument zur Biomanipulation von Gewässern, allerdings ist dies nur möglich, wenn das System Algenrasenfilter selbst in einem konstanten Betriebszustand gehalten werden kann.

In der Praxis stellt sich hingegen schnell eine natürliche Sukzession ein, indem algenfressende Wasserinsekten den Algenbewuchs im ARF abweiden. Dadurch wird die Reinigungskapazität des Algenrasenfilters beeinträchtigt oder im Extremfall zur Gänze ausgeschaltet. Diese Sukzession kann verhindert werden durch einen Stopp der Wasserumwälzung an einem sonnigen Nachmittag, um den ARF stark zu erwärmen und so die Wasserinsekten abzutöten. Denn: Ohne Algen fehlt dem ARF der «Motor».

## 2. TEICHREINIGUNG: WOHIN MIT DEM SCHMUTZWASSER?

Soll ich bei der Reinigung meines Schwimmteiches sämtliches «Schmutzwasser» ableiten, oder besser filtern und in den Teich rezyklieren? Wieviel Phosphor führe ich dabei zurück, welche Rolle spielt die Filterqualität?

### VERSUCHSAUFBAU

In einem Schwimmteich wurde mit der Jet-Filter Anlage von ITT ([www.itt-ag.ch](http://www.itt-ag.ch)) Schmutzwasser bei einem Seerosen-Stock angesogen. An dieser Stelle sammeln sich nach Teichbesitzer Gerhard Trüssel die feinsten Sedimente an, die am problematischsten sind bei der Teichreinigung. Insgesamt wurden fünf 10 l Eimer mit Schmutzwasser von verschiedenen Stellen gefüllt, und der Eimer mit der höchsten Leitfähigkeit ausgewählt. Mit einer kleinen Tauchpumpe wurde das Schmutzwasser permanent durchmischt. Jeweils 50 ml dieses Ausgangswassers wurden in Trichtern filtriert durch PE-Siebe der Firma Sefar AG, die Siebgrösse 0.45 µm wurde vorfiltriert mit 30 µm und durch einen Millipore-Filter gepresst. Die Filtrationsreihe wurde mit demselben Schmutzwasser zweimal durchgeführt. Im Labor wurde der Phosphorgehalt im Filtrat gemessen mit Hach-Lange LCK349, wobei die Aufschlusszeit zur Bestimmung des Gesamt-Phosphats auf 2h bei 148 °C erhöht wurde.

## RESULTAT: 30 µm PORENGRÖSSE FILTERT NUR 50 % DES PHOSPHORS!

Bei einer Siebweite von 30 µm wurde 50 % des Phosphors zurückgehalten, bei 20 µm bereits 84 %. Das bedeutet, dass erst bei einer Siebweite des Filtergerätes unter 20 µm das Wasser zurück geleitet werden sollte. Andernfalls sollte das Nachfüllwasser auf seinen Phosphorgehalt überprüft werden. Falls dieses weniger als 50 µgP/l enthält, dürfte es sinnvoller sein sämtliches Schmutzwasser aus dem Teich abzuleiten und durch Frischwasser zu ersetzen.

Beim zweiten Filterdurchgang wurden im Filtrat viel höhere Konzentrationen vorgefunden. Dies dürfte bedingt sein durch die Umwälzpumpe, welche die Partikel im Schmutzwasserbehälter laufend zerkleinerte.

Der Jetfilter sollte mit Siebweite 15 µm gemäss Versuchsreihe 88 % des Phosphors eliminieren, was einen recht hohen Wert von 211 µgP/l im Ablaufwasser bedeuten würde. Die Messung im laufenden Betrieb ergab jedoch 36 µgP/l im Ablaufwasser. Das bedeutet, dass:

1. unter Praxisbedingungen grössere Schmutzpartikel vorliegen wie bei der Versuchsreihe und somit eine bessere Phosphor-Rückhaltung erreicht wird
2. die handelsüblichen Filtersysteme einzeln überprüft werden sollten, welche Ablaufwerte sie im Praxisbetrieb erreichen. Zu vermuten ist, dass mit zunehmender Verschmutzung der Filtereinheit die Ablaufkonzentration stark ansteigen.

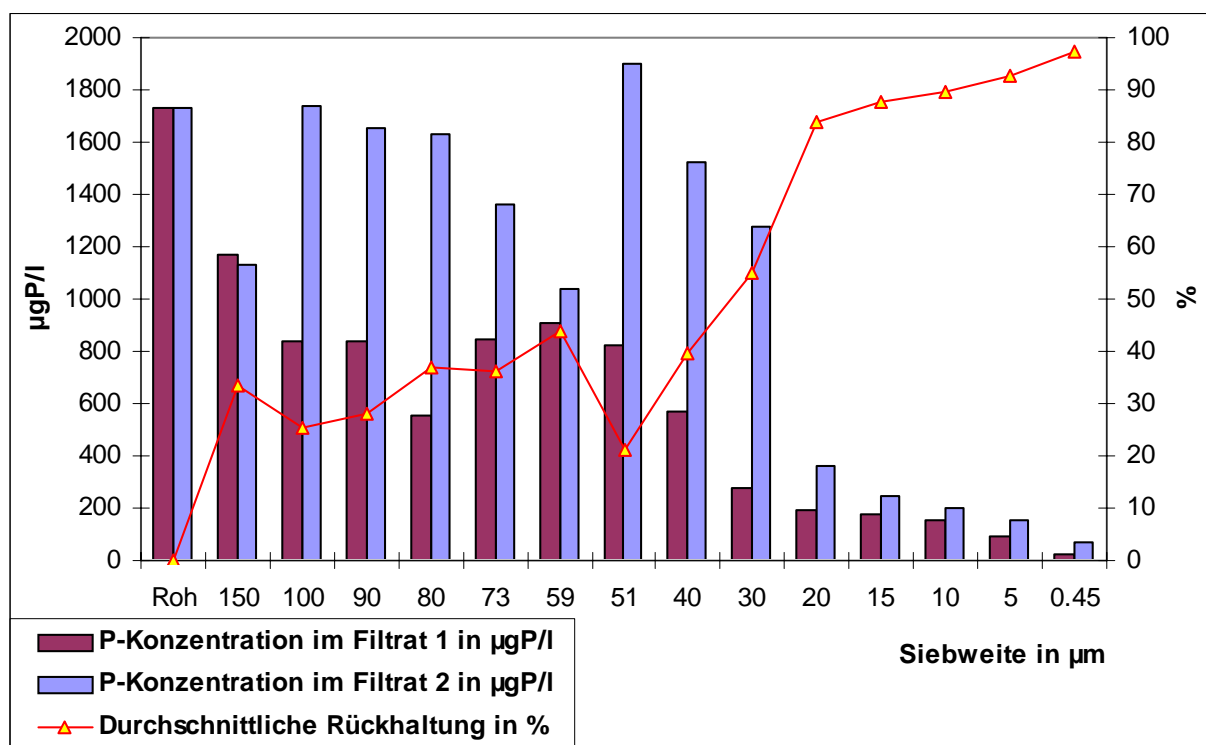


Abb. 4: Phosphor im Filtrat von Schmutzwasser versus Siebweite

### 3. MESSTECHNIK ZUR ONLINE-ÜBERWACHUNG DER WASSERWERTE

#### MOBILE MESSTECHNIK FÜR SCHWIMMTEICHE UND FISCHZUCHTBETRIEBE

Zur Kontrolle der Auswirkungen der Algenrasenfilter und zur schnelleren Problemfindung bei Teichsanierungen wurde ein mobiles Messsystem konzipiert, das seit März 2005 erfolgreich im Einsatz ist. Damit erhält der Schwimmteichbauer ein Instrument, das ihm eine permanente Überwachung seiner Kunden-Schwimmteiche ermöglicht. Der Schwimmteichkunde soll bei seinem Teichbauer ein Unterhaltsabonnement beziehen können, das ihm ganzjährig ungetrübte Badefreuden garantiert.

Die Messdaten werden per Mobilfunknetz (GSM & GPRS) auf ein Internet-Portal [www.m2m-control.com](http://www.m2m-control.com) übermittelt. Der Schwimmteichbauer oder ein anderer Anlagenwart überwacht seine Kundenteiche am PC und spart so Kontrollgänge. Auch der Kunde hat weltweit Einblick in seinen Teich.

Die Hochschule Wädenswil setzt das System auch in Fischzuchtbetrieben ein, wo Sauerstoff- und pH-Werte gemessen und alarmiert werden.

#### MESSKONZEPT

Eine mobile Messstation umfasst einen Controller (Hach-Lange SC1000) und bis zu 6 Messsonden. Ein Datenlogger speichert sämtliche Messwerte und übermittelt sie alle 6 Stunden an einen Webserver. Bedingung ist daher Mobilfunkempfang am Messort. Eine ausführliche Beschreibung der Messtechnik steht auf obigem Internet-portal als pdf-Datei zur Verfügung.

#### REGELFUNKTIONEN

Die Controller besitzen interne Schaltrelais und können beliebige Strombezüger mit 220 V und 5A steuern (Wasserpumpen, Magnetventile, Beleuchtungen).

Festbettfilter benötigen ausreichend Sauerstoff. Mit einer Redox-Sonde im Filterauslauf können die Sauerstoff-Verhältnisse am kritischsten Punkt im Teich erfasst werden. Diese Redox-Sonde liefert einen Regelwert zur Steuerung der Wasserumwälzung.

Künftig soll das System in der Lage sein, in Kombination mit einer Frequenzsteuerung den Stromverbrauch der Wasserpumpe auf das nötige Minimum zu reduzieren, und konstant positive Redox-Verhältnisse im Filter zu garantieren. Ein starkes Plus, nicht nur für den Winterbetrieb!

## ALARMIERUNG

Im Controller können Alarmgrenzwerte gesetzt werden, die via Schaltrelais eine Wasserpumpe oder Belüftung ansteuern.

Im Datenlogger können Alarmgrenzwerte gesetzt werden auf SMS, e-mail oder Telefon. So ist der Teichbesitzer laufend informiert über den aktuellen Stand des Systems und wird über kritische Ereignisse informiert, bevor sie eintreten. So kann beispielsweise ein Alarmwert gesetzt werden auf 3 °C Wassertemperatur mit einem SMS-Text, der vor einem Zufrieren des Teiches warnt. In Fischzuchtbetrieben kann Sauerstoff und Wassertemperatur sicher überwacht und gesteuert werden.



Abb. 5: Mobile Messtechnik: Professionelle Hardware für sichere Messwerte

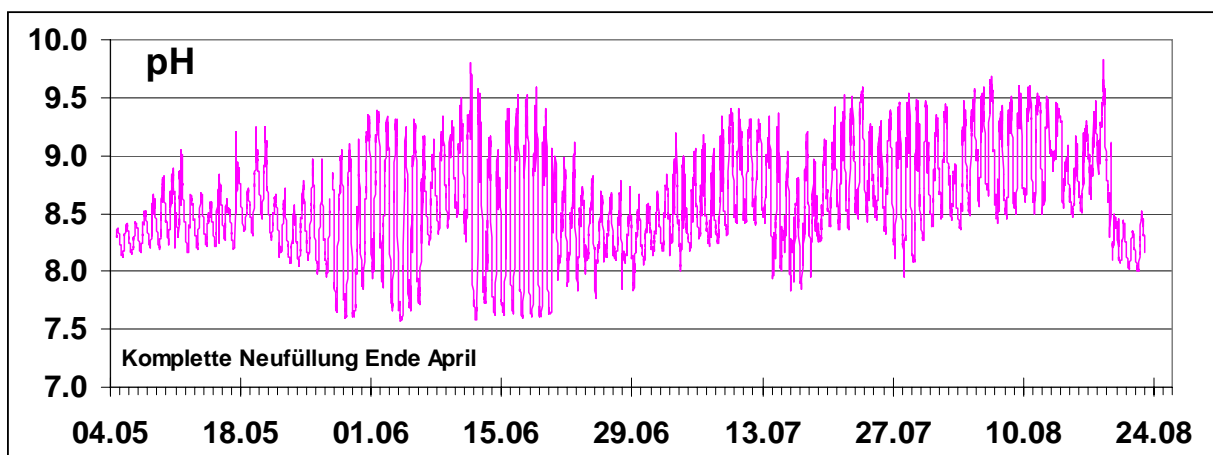


Abb. 6: pH-Werte in einem privaten Schwimmteich während des Sommers 2005

## MESSDATEN AUS EINEM SCHWIMMTEICH MIT ALGENRASENFILTER

In der Forschungsanlage fließt das Schwimmteichwasser durch einen vertikalen Kiesfilter, bevor es in die ARF-Module gepumpt wird. Erstaunlicherweise war die pH-Amplitude im Schwimmteich dreimal grösser als die des Algenrasenfilters und mit 2 pH-Einheiten sehr ausgeprägt. Die Pufferfunktion im ARF-Ablauf ist vermutlich dem vorgeschalteten Kiesfilter zuzuschreiben.

Die kurze Verweilzeit von rund 5 Minuten ist ein weiterer Grund, dass in den ARF der pH nicht weiter anstieg. In der Laboranlage an der HSW wurden im ARF-Ablauf pH-Werte bis 10.5 erreicht, bei pH 11 lösten sich die Algen von den Trägermatten und koagulierten zu schleimigen Ballen.

Der Einfluss von Algenernten ist deutlich sichtbar (Abbildung 7): im Algenrasenfilter wurden am 6. Juni 2.4 kg Feuchtgewicht geerntet, am 20. Juni 2.2 kg und zusätzlich im Schwimmteich 2.5 kg Feuchtgewicht. Dadurch verkleinerte sich die pH-Amplitude im Ablauf des Algenrasenfilters, aber auch im Schwimmteich. Die pH-Tagesamplitude wurde massgeblich durch die Algenbiomasse bestimmt. Ein weiterer Trend: Mit zunehmender Algenbiomasse stieg der pH im Schwimmteich.

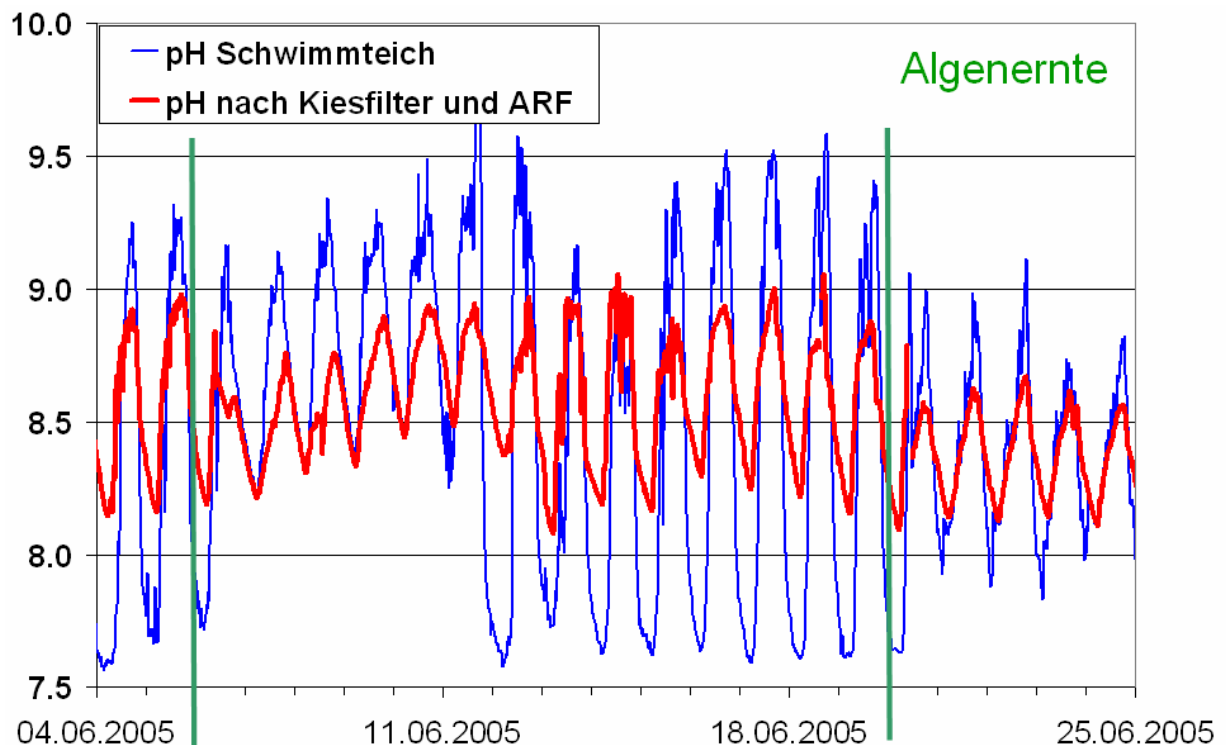


Abb. 7: Tagesgänge pH im Schwimmteich und Ablauf der Algenrasenfilter



## 4. LITERATUR

- Adey, W. & Loveland, K. (1998): Dynamic Aquaria: Building Living Ecosystems, 2nd Ed. Academic Press Ltd, London.
- Adey, W. (1982): Algal Turf Scrubber ATS. US Patent 4,333,263, 8. Juni.
- Brunner, A. (2005): Einsatz von Algenrasenfiltern zur Phosphorelimination aus Schwimmteichen. Semesterarbeit der ETH Zürich, durchgeführt bei A. Graber an der Hochschule Wädenswil.
- Craggs, R. J. (2001): Wastewater treatment by algal turf scrubbing. Water Science and Technol. 11-12: 427-433.
- Craggs, R., Adey, W., Jenson, K., St. John, M., Green, F., Oswald, W. (1996): Phosphorus removal from wastewater using an algal turf scrubber. Water Science and Technology Vol. 33, Issue 7, Pages 191-198.
- Graber, A. (2005): Schwimmteichforschung an der Hochschule Wädenswil. g'plus 18: 21-23 und Deutscher Gartenbau 34: 13-15.
- Graber, A. und Junge, R. (2005): Schwimmteiche - Zukunftstrend oder blühende Fantasie? Umwelt Perspektiven 6: 62-65.
- Hidber, E. (2006): Einsatz von Algenrasenfiltern zur Phosphor-Elimination aus Schwimmteichen. Semesterarbeit Hochschule Wädenswil.
- Lampert, W. & Sommer, U. (1993): Limnoökologie. Thieme Verlag, 440 S.
- Mostert, E. & Grobbelaar, J. (1987): The influence of nitrogen and phosphorus on algal growth and quality in outdoor mass algal cultures. Biomass 13, 219-233.
- Mulbry, W. & Wilkie, A. (2001): Growth of benthic freshwater algae on dairy manures. Journal of Applied Phycology 13: 301-306.
- Schulz, L. (1981): Nährstoffeintrag in Seen durch Badegäste.- Zbl. Bakt. Hyg, I. Abt. Orig. B 173, S. 528 -548. In: Spieker, J. (2005): Ökologie und Hygiene von naturnahen Badegewässern. Referat am 3. Int. Schwimmteichkongress, Interlaken 7.-10.09.2005.
- Schumacher, G. Sekoulov, I. (2002): Polishing of secondary effluent by an algal biofilm process. Water Science And Technology Volume 46, Issue 8, 83-90.
- Wesner, W. (2004): Der Schritt vom Hobbyteich zum professionellen Teichbau - Die Bilanzierung des Schwimmteiches. Deutscher Gartenbau 19, S. 14ff.
- Wilkie, A., Mulbry, W. (2002): Recovery of dairy manure nutrients by benthic freshwater algae. Biores. Technol. 84, 81-91.
- Zumstein, J. (2006): Elimination von Krankheitskeimen in Algenrasenfiltern zur Verbesserung der hygienischen Wasserqualität von Schwimmteichen. Semesterarbeit Biotechnologie, Hochschule Wädenswil.

## 5. AUTOR UND NACHWORT



Andreas Graber, Dipl. Umwelt-Natw. ETH

Verheiratet, Tochter Julia

Seit 1999 Wissenschaftlicher Mitarbeiter Fachstelle Ökotechnologie, Hochschule Wädenswil.

Arbeitsgebiete: Fischproduktion in ökologischen Kreislaufanlagen (Tilapia, Egli und Forellen in Aquaponic), naturnahe Abwasserreinigungssysteme und Schwimmteiche.

Seit 2004 leite ich das Forschungsprojekt «Entwicklung von Algenrasenfiltern zur Biomanipulation von Schwimmteichen». Mit zunehmender Bevölkerungsdichte steigt der Druck auf unsere Gesellschaft, die verbleibenden Naturräume schonend und integrativ zu nutzen. Bei allen Tätigkeiten ist mir deshalb eine nachhaltige Denk- und Lebensweise ein Anliegen. Je länger ich mich mit Ökotechnologie befasse, umso sinnvoller und unausweichlicher erscheint mir dieser Trend zu Techniken, die zwar den natürlichen Sukzessionsprozessen gewisse Schranken setzen, aber dennoch die im Evolutionsprozess gehärteten Eigenschaften von Organismen nutzen, um kontrollierte naturnahe Systeme zu schaffen.

So können der Natur nachgestaltete Ökosysteme konstruiert werden, die dem Menschen gezielte Dienstleistungen erbringen. Aufgrund ihrer Affinität zum natürlichen Standort benötigen diese verglichen mit rein Technik-basierten Alternativen nur einen Bruchteil an Unterhaltsaufwand und Kontrolle. Der englische Fachbegriff für dieses Konzept lautet *ecosystem services*. Schwimmteiche sind für diesen Denkansatz geradezu ein Paradebeispiel.

In diesem Sinne wünsche ich der aufstrebenden Gilde der Schwimmteichbauer weiterhin überfüllte Auftragsbücher!

Andreas Graber, Hochschule Wädenswil, Grüental, CH-8820 Wädenswil

Tel. +41 44 789 99 28, Fax +41 44 789 99 40, [a.graber@hsw.ch](mailto:a.graber@hsw.ch)

[www.cascadesystems.ch](http://www.cascadesystems.ch)

Projektpartner:

Schweizer Verband für naturnahe Badegewässer und Pflanzenkläranlagen (SVBP) [www.svbp.org](http://www.svbp.org) und 11 Schwimmteichbau-Betriebe

<http://www.unr.ch/index.cfm?uuid=202CD7DAB84F103DAB0A0DB3F04DF815&projekte=1&project=117&myAction=detail>