

Der Behlendorfer See

Zwei Jahre nach der internen Phosphatfällung mit Bentophos

Ende 2009 wurde an zwei Seen – erstmalig in Schleswig-Holstein - eine **Phosphatfällung mit Bentophos®**, einer Mischung aus dem Tonmineral Bentonit und Lanthan (seltene Erde), durchgeführt, um die interne Nährstoffquelle dieser Gewässer zum Versiegen zu bringen: Einer dieser Seen war der bei Ratzeburg gelegene Behlendorfer See.

Der 63 ha große und 15 m tiefe Behlendorfer See war seit vielen Jahren mit Nährstoffen überversorgt. Daher war der natürlicherweise artenreiche klare See (Seetyp 13) im Sommer durch Blaualgen getrübt. Die Unterwasservegetation war relativ schlecht entwickelt. In diesem Zustand entsprach der See nicht den Umweltzielen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie.

Eine Analyse des Einzugsgebietes zeigte, dass die Belastungen des Sees durch externe Einträge relativ gering waren. Die Hauptnährstoffquellen waren nicht mehr im Einzugsgebiet des Sees zu finden, sondern – als Folge der früheren Belastung - im See selbst. Jährlich wurden ca. 300 kg Phosphor wieder aus dem Sediment in das Wasser freigesetzt. Auch wenn das rückgelöste Phosphat im Winter wieder ausfiel und somit dem Stoffhaushalt des Sees größtenteils entzogen wurde, trug es im Sommer zum verstärkten Algenwachstum bei.

Eine weitere Reduzierung der externen Nährstoffeinträge aus dem relativ kleinen Einzugsgebiet war daher nur im geringen Umfang erforderlich und soll durch langfristig angelegte verbreiterte Randstreifen entlang einiger Äcker erreicht werden.

Um das aus dem Sediment regelmäßig rückgelöste Phosphat zu binden und dem Stoffkreislauf des Sees nachhaltig zu entziehen, wurde im Dezember 2009 der See mit Bentophos® (95 % Tonmineral (Bentonit), 5 % Lanthan (seltene Erde)) versetzt. Die in Bentonit elektrostatisch fest gebundenen Lanthanionen sind in der Lage Phosphationen, mit denen sie in Kontakt kommen, chemisch zu binden und somit dem Wasserkörper nachhaltig zu entziehen. Die zugeführten 214 Tonnen haben dabei eine Bindungskapazität von 2140 kg Phosphor.

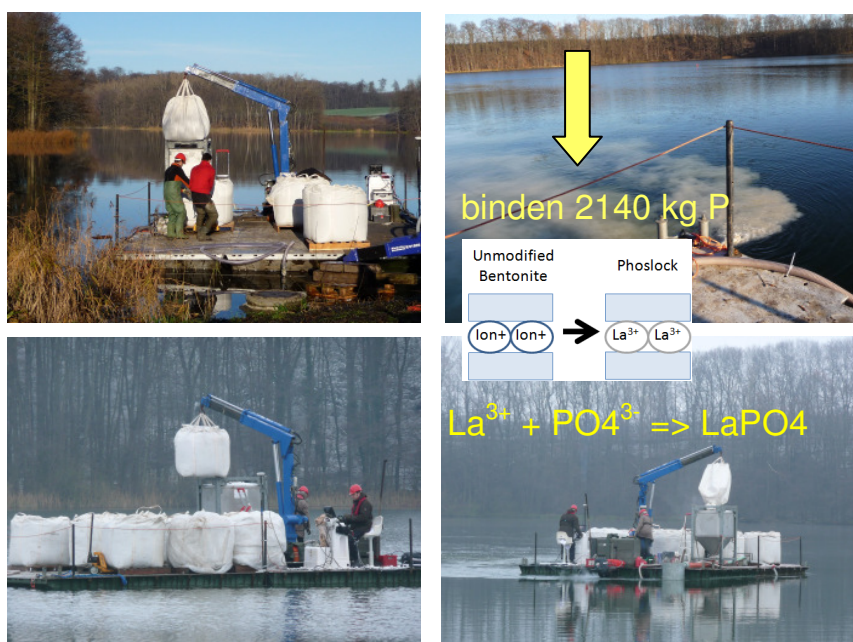


Abbildung 1: Ausbringung von Bentophos® in den Behlendorfer See im November 2009

Vor der P-Fällung wurden 3,5 Tonnen **Weißfische**, überwiegend Brassen, abgefischt. Die Dezimierung der planktonfressenden Fische sollte neben einer Artenverschiebung von Karpfenfischen (Cyprinidae) in Richtung der Flussbarsche, eine Phosphorentnahme und eine Nahrungsnetzoptimierung durch Förderung des Zooplanktons im Behlendorfer See bewirken. Inwieweit das Wachstum der Barsche aufgrund der geringeren Trophie nachhaltig gestärkt wird, wird eine weitere fischereiliche Untersuchung in ein bis zwei Jahren zeigen. Wichtig dabei ist die veränderte Bewirtschaftung durch den Angelverein, der sich bereit erklärt hat, auf den Karpfenbesatz zu verzichten, um eine nachhaltige Wirkung des Fällmittels zu gewährleisten.

Ob die interne Phosphorfällung erfolgreich ist, d.h. ob der Behlendorfer See bis 2015 den guten ökologischen Zustand gemäß WRRL erreichen wird, wird ein kontinuierliches Messprogramm zeigen. Der Behlendorfer See wurde nach der Maßnahme durchgehend vom LLUR untersucht, und erste Erfolge konnten bereits 2010 festgestellt werden. Die **Phosphorkonzentration** hatte stark abgenommen. 0,03 mg/l P wurden in 1 m Tiefe nicht überschritten. In 14 m Tiefe kam es zeitweise zum nur geringfügigen Konzentrationsanstieg. Eine messbare Phosphorrücklösung aus dem Sediment ist jedoch gestoppt worden. 2011 hielt dieser Trend weiter an (siehe Abbildung 2).

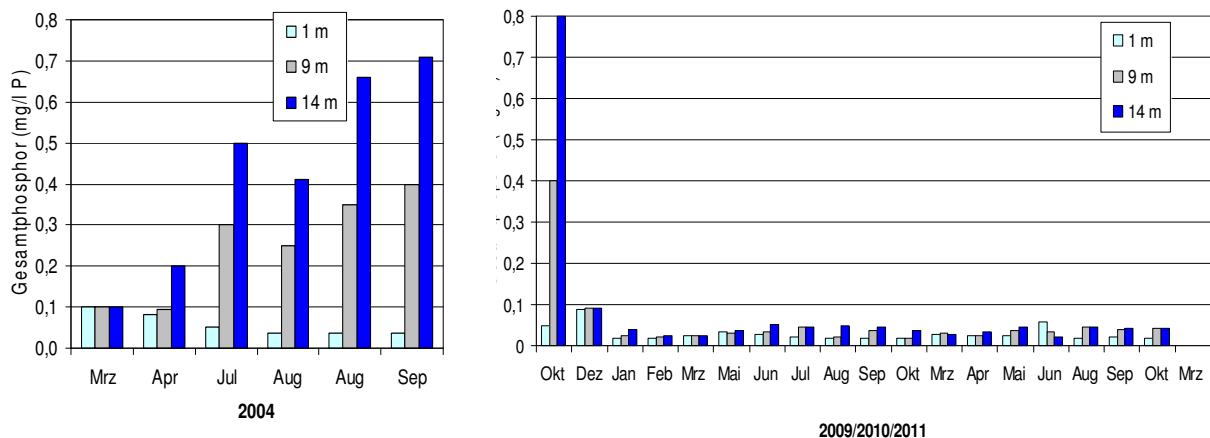


Abbildung 2: Vergleich der Gesamtphosphorkonzentration in 1, 9 und 14 m 2004 mit den Konzentrationen in den Jahren 2009 bis 2011 (die Daten von Oktober und Dezember 2009 sowie Februar 2010 wurden von der Firma Nowak zur Verfügung gestellt)

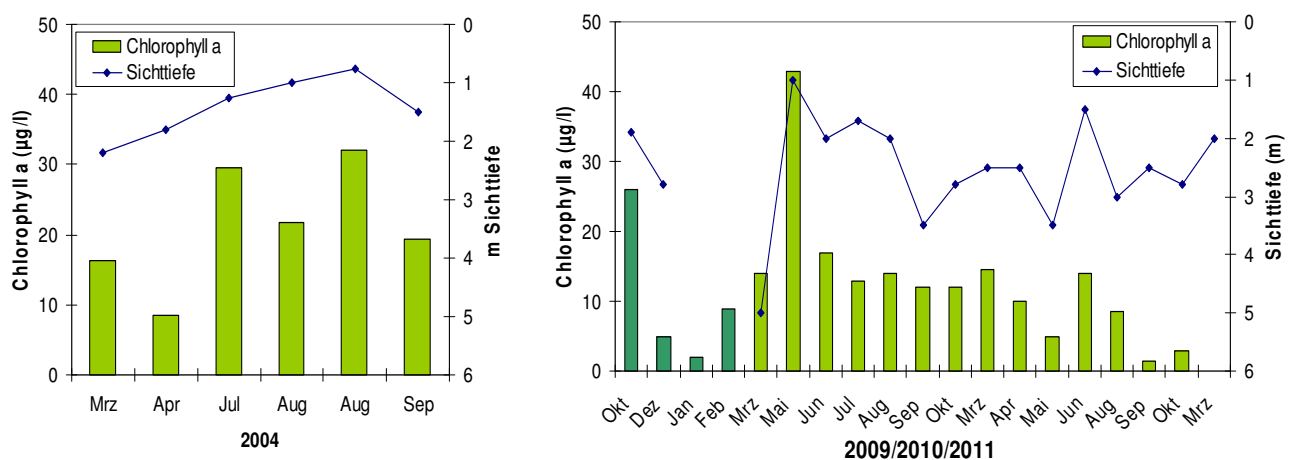


Abbildung 3: Vergleich der Chlorophyllkonzentrationen und der Sichttiefe 2004 mit den Messwerten in den Jahren 2009 bis 2011

Während sich das Biovolumen der **Mikroalgen (Phytoplankton)** 2010 gegenüber 2004 trotz einer deutlichen Reduzierung des Phosphors im Mittel nicht derart stark reduzierte, trat der Effekt 2011 deutlicher und zudem im gesamten Jahr sichtbar auf (Abbildung 4) (ARP & MAIER 2012).

In der Entwicklung der Mikroalgenarten war dieser positive Trend ebenfalls zu erkennen. 2004 dominierten im Sommer Arten mit höheren Nährstoffansprüchen, v.a. verschiedene fädige Formen (Nostocales) aus der Gruppe der Blaualgen (Cyanobakterien: *Aphanizomenon gracile* und *Anabaena macrospora*). Im Gegensatz dazu traten 2010 und 2011 bei den Blaualgen eher kleine kugelige Formen der Gattungen *Aphanothece* und *Aphanocapsa* hervor, Indikatoren geringer Trophie. Insgesamt nahm die Zahl der Arten mit geringen Nährstoffansprüchen zu (ARP & MAIER 2012).

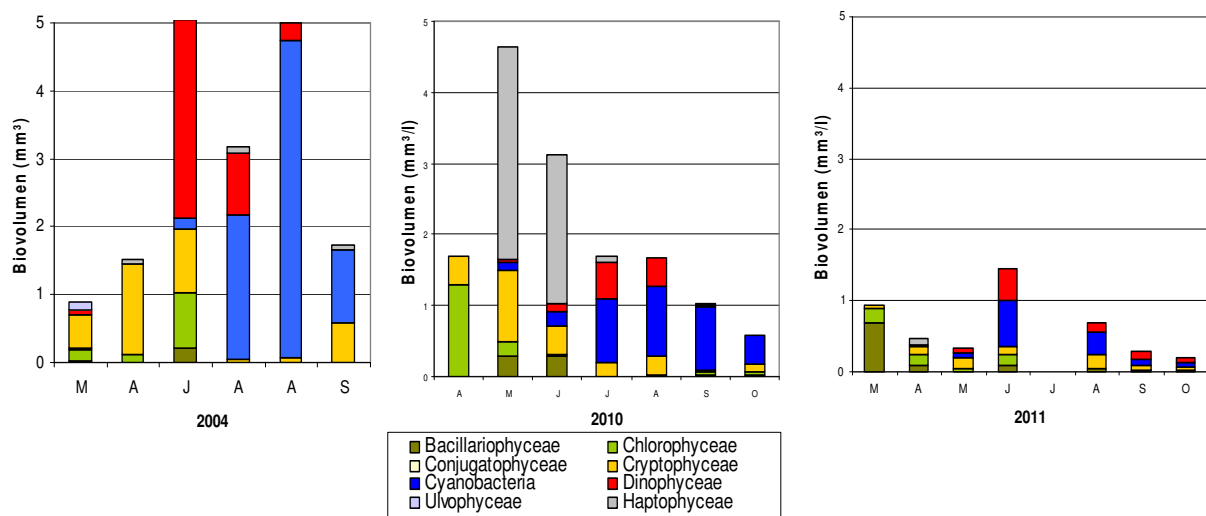


Abbildung 4: Entwicklung der Phytoplanktonzusammensetzung 2004, 2010 und 2011

Die Veränderungen in den sieben Jahren spiegeln sich sowohl im Trophieindex als auch im Phyto-See-Index (PSI) wider. Der Behlendorfer See wurde 2011 als mesotroph eingestuft und gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie bezüglich der Qualitätskomponente Phytoplankton mit „gut“ bewertet.

Bemerkenswert für den See war das außergewöhnlich hohe Fraßpotential (Grazing Potential) des **Zooplanktons** (ARP & MAIER 2012), das einen starken Fraßdruck auf das Phytoplankton anzeigte und somit auch für die Reduzierung der Algenbiomasse verantwortlich war. Gute Futterbedingungen führten zu einer starken Vermehrung bestimmter Arten. Diese überaus günstige Relation von Phyto- und Zooplankton lässt sich zum Teil durch die im Sommer anteilig relativ stark vertretenen, kleinen, gut fressbaren Algentaxa erklären. Gleichzeitig indiziert die Größe der Blattfußkrebse (Cladoceren) zusammen mit der Präsenz von Büschelmücken Larven einen niedrigen Fraßdruck durch **Fische** und somit ein gesundes Verhältnis von Raub- zu Friedfischen.

Die bessere Durchlichtung des Sees führte wiederum zu einer Ausbreitung der **Unterwasservegetation**. Gerade diese Stärkung der Unterwasservegetation ist Voraussetzung dafür, dass sich der Behlendorfer See nachhaltig zu einem klareren und artenreicheren Gewässer entwickelt, so wie es die EG-Wasserrahmenrichtlinie vorschreibt, denn die Wasserpflanzen konkurrieren mit den Mikroalgen um die Nährstoffe. Je dichter die Vegetation unter Wasser ist, desto geringer ist das Algenwachstum im Freiwasser und desto klarer ist der See. Gleichzeitig sind die bewachsenen Uferzonen die Kinderstube des Ökosystems, sie sind Lebensraum für zahlreiche Pflanzen- und Tierarten.

Bei einem Vergleich der aktuellen Besiedlung mit den Altdaten von 2010 und 2004 zeigte sich, dass 2011 der sich zum Vorjahr schon abzeichnende Trend zur Verbesserung der Tiefenausdehnung und der Häufigkeiten (Abundanzen) der Unterwasservegetation weiter anhielt (STUHR 2012). Dies zeigte sich deutlich am Beispiel der unteren Verbreitungsgrenze, die sich bei allen untersuchten Probestellen seit 2004 kontinuierlich weiter in die Tiefe verschoben hatte (siehe Abbildung 6). So stieg etwa ihr Mittelwert für den Behlendorfer See von 2,6 m Wassertiefe 2004 über 3,6 m 2010 auf 4,2 m 2011. Einhergehend mit dieser Entwicklung war eine Erhöhung der Pflanzendichte an allen acht Probestellen zu beobachten.

Die Häufigkeiten vor allem beim Ährigen Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) und der Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*) haben gegenüber 2010 vielfach noch einmal deutlich zugenommen. Ähnliches gilt auch für das Durchwachsene Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*) und den Spreizenden Hahnenfuß (*Ranunculus circinatus*).



Abbildung 5: Östliches Nordufer: Bis in etwa 2 m Wassertiefe treten seeseits des Röhrichts punktuell lockere Bestände des Durchwachsenen Laichkrauts (*Potamogeton perfoliatus*) auf

Mit nur neun nachgewiesenen Unterwasserpflanzenarten ist der Behlendorfer See bezüglich seiner Artenvielfalt jedoch noch als verarmt einzustufen. Ein Indiz für die aktuell noch vorliegende deutliche Störung der Gewässervegetation ist beispielsweise das praktisch vollständige Fehlen von nennenswerten Armelechteraigenbeständen (Characeen), wie sie für ökologisch intakte Seen dieses Typs charakteristisch wären.

Da sich jedoch im Vergleich zu den vorliegenden Altdaten von 2004 und 2010 die Tiefenausdehnung der Unterwasservegetation aktuell weiter erhöht hat, besteht weiter auch Anlass zur Hoffnung auf eine künftige Verbesserung hinsichtlich der Artenvielfalt. Der Behlendorfer See erreichte 2011 in der Bewertung der Makrophyten dementsprechend nur den **unbefriedigenden** Zustand jedoch mit positivem Trend. (ÖZK 4+).

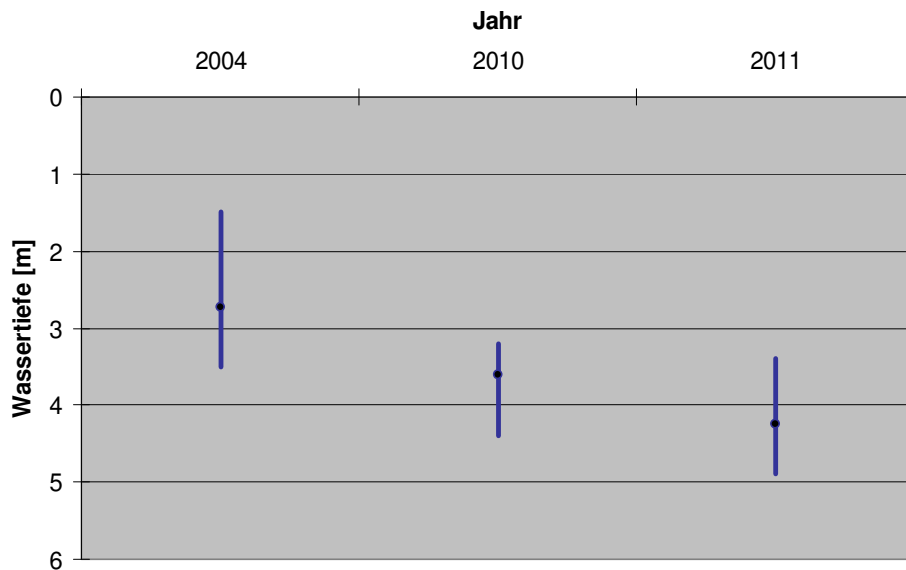


Abbildung 6: Darstellung der unteren Verbreitungsgrenze (m) der Makrophyten im Behlendorfer See 2004, 2010 und 2011, dargestellt als Maximum, Minimum, und Mittelwert aller Probestellen

Das Makrozoobenthos und die Fische wurden bisher nicht bewertet.




Zur Bestimmung des ökologischen Zustandes eines Gewässers werden die Ergebnisse der einzelnen Lebensgemeinschaften nach dem „worst case Prinzip“ verrechnet, das heißt, dass die am schlechtesten bewertete Organismengruppe das Gesamtergebnis bestimmt. Beim Behlendorfer See wurden die Unterwasserpflanzen aufgrund fehlender für nährstoffarme Seen typische Arten am schlechtesten bewertet, so dass der ökologische Zustand 2011 insgesamt nur mit unbefriedigend (+) bewertet werden konnte (siehe Tabelle 1).


Tabelle 1: Gesamtbewertung des Behlendorfer Sees anhand der Trophie (LAWA 1999), des Phytoplanktons (Phytosee 2010), der Unterwasservegetation (Phylib 2011) und nach den Phosphor-Orientierungswerten (LAWA, unveröff.)

	2004	2010	2011
Trophie	eutroph 2	eutroph1	mesotroph
Phytoplankton	3,6	3,4	2,2
Unterwasservegetation	5	4	4 (+)
Phosphorkonzentration	3	2	2
Ökologische Zustandklasse (ÖZK)	5	4	4 (+)

Ausblick

Das Ziel, den guten ökologischen Zustand zu erreichen, ist beim Behlendorfer See trotz der Ende 2009 durchgeführten internen Phosphatfällung noch nicht erreicht. Aber einige Etappenziele wurden bewältigt:

-  Die Phosphorkonzentration liegt maximal bei 0,03 mg/l.
-  die Nährstoffrücklösung aus dem Sediment hat stark abgenommen.
-  Der Trophiezustand hat sich um 2 Stufen verbessert: Reduzierung des Phytoplankton-Wachstums, vor allen Dingen der stickstofffixierenden Cyanobakterien im Sommer. Bewertung des Phytoplanktons mit „gut“

-  die Ansiedlung von Characeen und bestimmter Laichkrautarten ist unbefriedigend.

Der Zustand der Unterwasserwasservegetation entspricht jedoch noch nicht den Ansprüchen der EG-WRRL. Hier heißt es abwarten. Aber damit die durchgeführte Seenrestaurierung zum nachhaltigen Erfolg führt, ist es wichtig, mögliche Nährstoffpfade weiter im Auge zu behalten. Die landwirtschaftliche Nutzung sollte nicht intensiviert werden. Außerdem müssen ausreichend breite Pufferstreifen am See langfristig gesichert sein. Auch die veränderte Bewirtschaftung des Sees durch den Angelverein ist ein wichtiger Schritt für die weitere Entwicklung des Sees.

Literatur

ARP, W & MAIER, G (2012): Untersuchungen des Phyto- und Zooplanktons schleswig-holsteinischer See 2011; Bericht im Auftrag des Landesamtes, unveröff..

STUHR, J. (2012): Monitoring der Qualitätskomponente Makrophyten für die WRRL- und FFH-Richtlinie in schleswig-holsteinischen Seen 2011, Bericht im Auftrag des Landesamtes, unveröff..

YASSERI, S. (2010): Der Behlendorfer See; Bericht zur Bentophos-Applikation, im Auftrag des Gewässer- und Landschaftschutzverbandes Herzogtum Lauenburg und dem Gewässerunterhaltungsverband Göldenitz-Pirschbach, unveröff..