

## Zwischenbericht aus der Behandlungsmaßnahme mit Bentophos® im Silbersee

### Einleitung

Das Institut Dr. Nowak wurde durch die Gemeinde Stuhr nach der Nährstoffreduktion im Tiefenwasser des Silbersees durch Tiefenwasserentnahme beauftragt, eine dauerhafte Absenkung des Nährstoffgehaltes durch Phosphatfällung zu erwirken.

Durch die im Jahr 2005 erfolgte Tiefenwasserentnahme wurden rund 18 kg Phosphor entfernt.

Im Sediment des Sees sind jedoch große Mengen des Phosphat-Nährstoffs gespeichert. Diese werden durch die Wasserentnahme nur sehr langsam freigesetzt. Eine dauerhafte Absenkung des Phosphat-Gehalts in dem erforderlichen Maße hätte viele Jahre in Anspruch genommen

So stößt eine Tiefenwasserentnahme auch auf Grenzen, weil die Absenkung des Wasserspiegels, insbesondere im Sommer Auswirkungen auf den Badebetrieb haben kann. Das Trockenfallen der Randzonen kann im Übrigen den Bewuchs schädigen und Rückzugsgebiete von Vögeln, Fischen und Insekten zerstören.

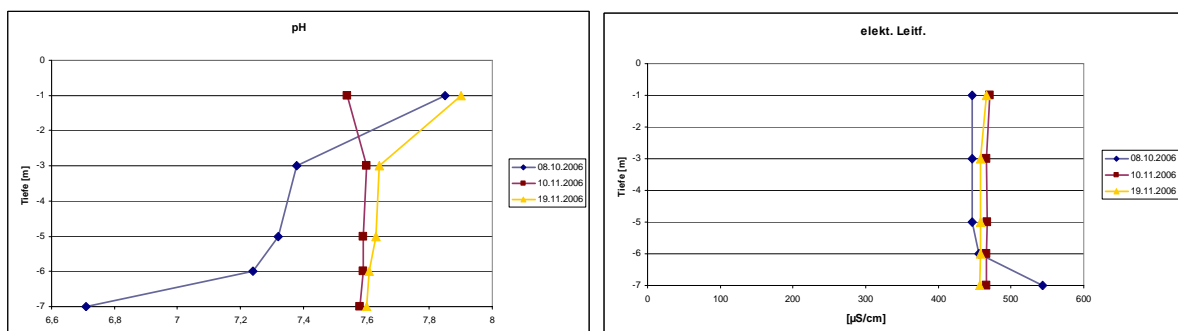
Eine Blaualgenblüte wie in den vorangegangenen Jahren mit zeitweisen Badeverboten konnte daher nur mit weitergehenden Maßnahmen verhindert werden.

Daher wurde vom 14. bis 15. November 2006 die Menge von 21,5 t Bentophos® zur Fixierung des Phosphors in den Silbersee eingebracht.

### Situation während des Behandlungszeitraums

In dem Zeitraum vor der Bentophos-Applikation lag im See eine deutliche Wasserschichtung vor. Unterhalb 5 m Wassertiefe hatten sich über dem Grund anaerobe Bedingungen ausgebildet (*Abbildung 1*). Aufgrund der Wettersituation wurde der Wasserkörper im Silbersee durch die Starkwindeinwirkung komplett durchmischt und somit eine Schichtung aufgehoben. Sauerstoff wurde bis zur Seebasis in 7 m Tiefe eingetragen und der pH stabilisierte sich auf einen Wert um 7,6.

So entstand eine für die Phosphatfällung günstige Voraussetzung, weil ein großer Teil des Gesamtphosphor-Gehalts als ortho-Phosphat vorlag und sich gleichmäßig auf die gesamte Wassersäule verteilte. Bei der Aufbringung des Bentophos konnte dadurch eine größtmögliche Phosphatbindungseffizienz während der langsamen Absinkphase durch die Wassersäule erreicht werden (*Abbildung 2*).



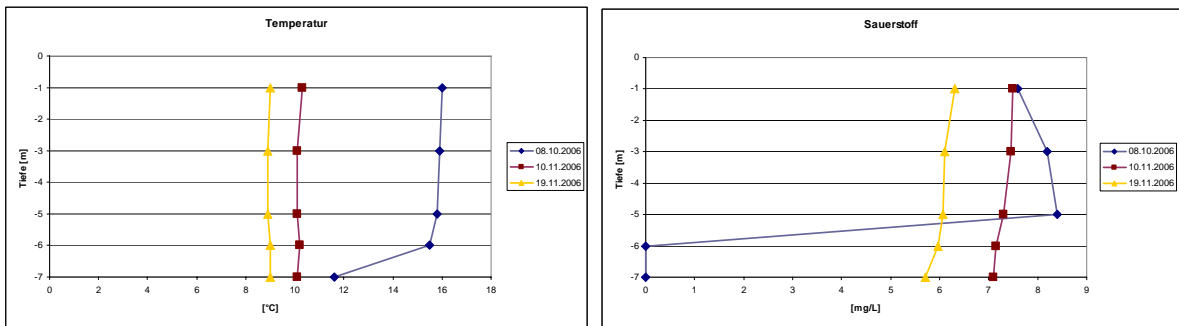


Abbildung 1: Wasserchemische Parameter pH, elektr. Leitfähigkeit, Temperatur und Sauerstoff

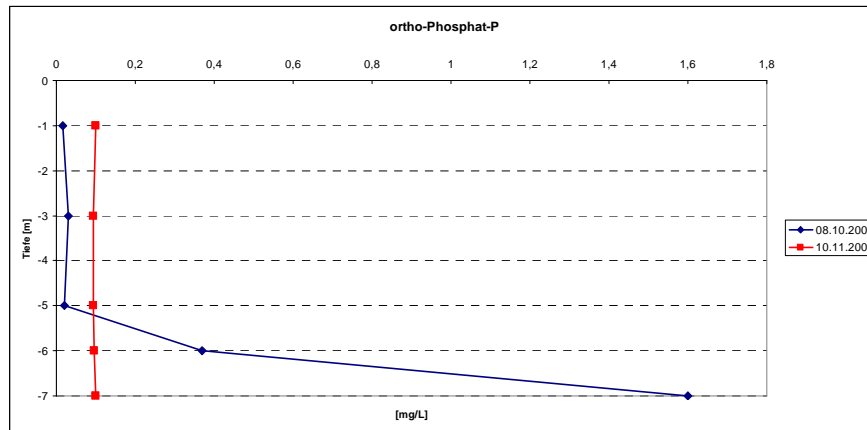


Abbildung 2: o-PO<sub>4</sub>-P Verteilung vor der Bentophos-Applikation am 14. und 15. November 2006

### Entwicklung des Phosphor pools im See nach der Phosphatfällung

Durch regelmäßige Nachuntersuchungen des Seewassers konnte im Zeitraum eines Monats nach der Bentophoszugabe kein ortho-Phosphat in der Wassersäule nachgewiesen werden. Auch verringerte sich der Gesamtphosphorgehalt im Seewasser um über 80 % und liegt derzeit bei 30 µg P/L (Abbildung 3).

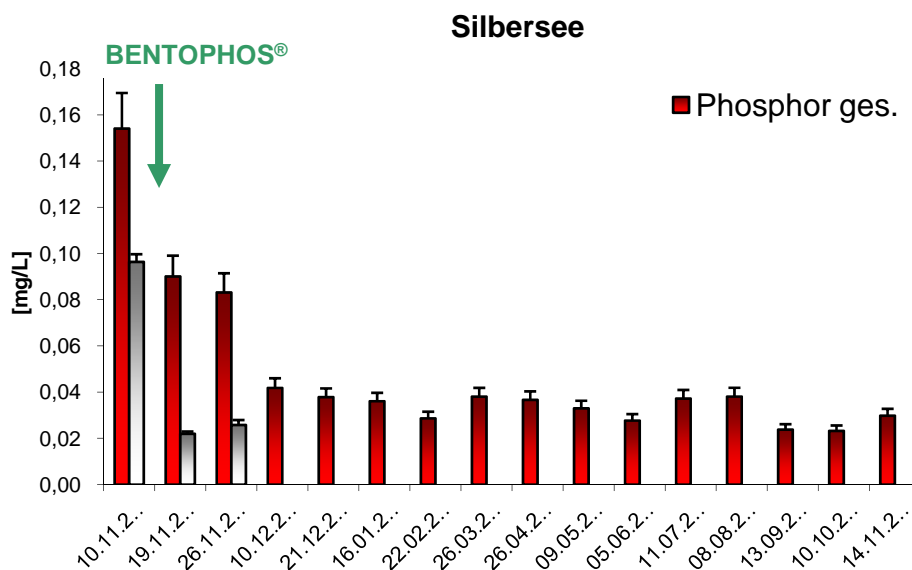


Abbildung 3: Entwicklung der Gesamtphosphor und o-PO<sub>4</sub>-P-Gehalte im Seewasser

Untersuchungen des Sediments belegen eine sehr stabile Situation im Phosphorpool, so dass keine Rücklösung von Phosphat aus dem Sediment des Sees zu erwarten ist.

### Entwicklung der Lanthankonzentration im Seewasser

Die im Seewasser nachgewiesene Lanthankonzentration lag anfänglich bei 100 µg/L. Sie sank im Verlauf des Untersuchungszeitraums auf 4 µg/L ab und ist zuletzt nicht mehr nachweisbar (Abbildung 4). Es wurde trotz des sehr windreichen Zeitraums nach der Bentophos®-Applikation mit Windstärken von mehr als 9 Bft. keine Resuspension des Materials im See beobachtet. Das heißt auch, dass sowohl Lanthan als auch Phosphat fest im Sediment abgelegt wurde.

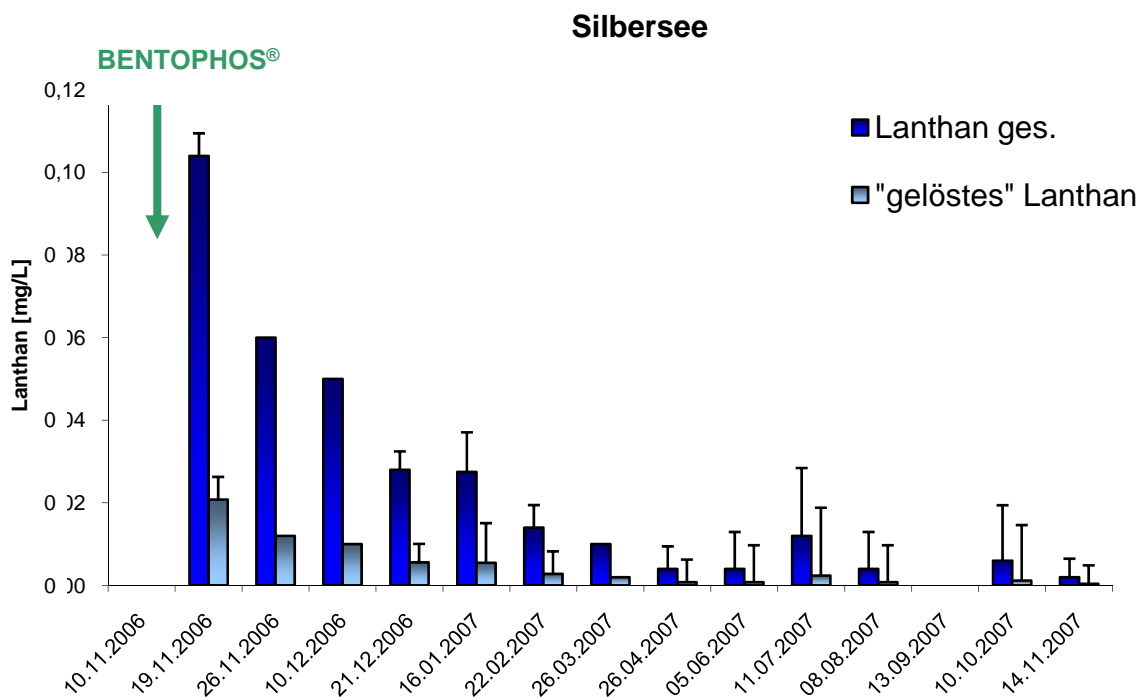


Abbildung 4: Lanthangehalte im Seewasser seit der Applikation

### Untersuchungen zur Ökotoxizität von Lanthan

Aufgrund der Bedenken gegenüber dem Einsatz lanthanhaltiger Stoffe in Gewässern wurden im Institut ökotoxikologische Untersuchungen zur akuten Toxizität von Lanthan durchgeführt.

Hierfür wurde die effektive Konzentration, in der Lanthan auf die Testorganismen toxisch wirkt, nach den Vorgaben der DIN-Normen für die entsprechenden Tests durchgeführt. Parallel dazu wurden Meßansätze mit Lanthan und zusätzlich der entsprechenden Phosphatmenge gestartet.

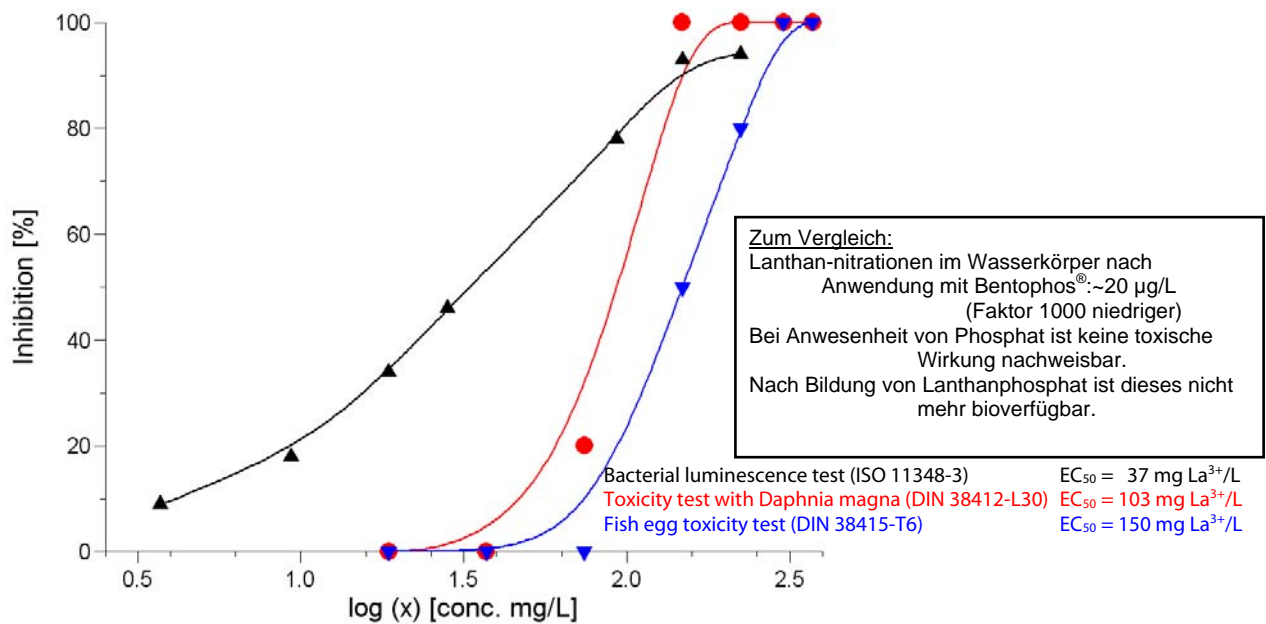


Abbildung 5: Dosis-Wirkungsbeziehungen von Lanthan gegenüber dem jeweiligen Testorganismus

#### Ergebnisse:

Die effektiven Konzentrationen gegenüber den Testorganismen ( $EC_{50}$ ) lagen in den Untersuchungen mindestens 1000-fach höher als die im Seewasser des Silbersees jemals gemessene Lanthanmenge (Abbildung 5). Mit Zugabe von Phosphat, welches in der entsprechenden Menge im Silbersee vorlag, konnte keine toxische Wirkung nachgewiesen werden. Nach der Bindung mit Phosphat ist das Lanthan nicht bioverfügbar. Die eingesetzte Menge Lanthanionen hat keine toxische Auswirkung auf die Organismen im See.

#### Bewertung

Die Ergebnisse aus den Untersuchungen nach der Bentophos-Applikation ergeben ein positives Bild über die Entwicklung im Silbersee. Die Zielvorgaben der Restaurierungsmaßnahmen sind bisher voll erreicht worden:

- Nach der Behandlung mit 22 t Bentophos® wurden innerhalb eines Monats ortho-Phosphat komplett und 80 % des Gesamt-Phosphors gebunden und aus der Wassersäule entfernt.
- Seitdem liegen die ortho-Phosphatwerte unterhalb der Nachweisgrenze und der Gesamt-Phosphor-Konzentration pegelte sich trotz Erwärmung der Wassersäule, Schichtung und anoxischen Bedingungen im Hypolimnion um 30 µg/L ein. Das heißt die P-Rücklösung aus dem Sediment konnte fast vollständig unterbunden werden.
- Es gibt keine Auswirkungen auf Flora und Fauna des Silbersees durch das eingesetzte Lanthan.
- Bezogen auf den Phosphorgehalt konnte der See schon innerhalb von 2 Monaten von einem stark eutrophen in einen mesotrophen Zustand zurückversetzt werden (Abbildung 6).

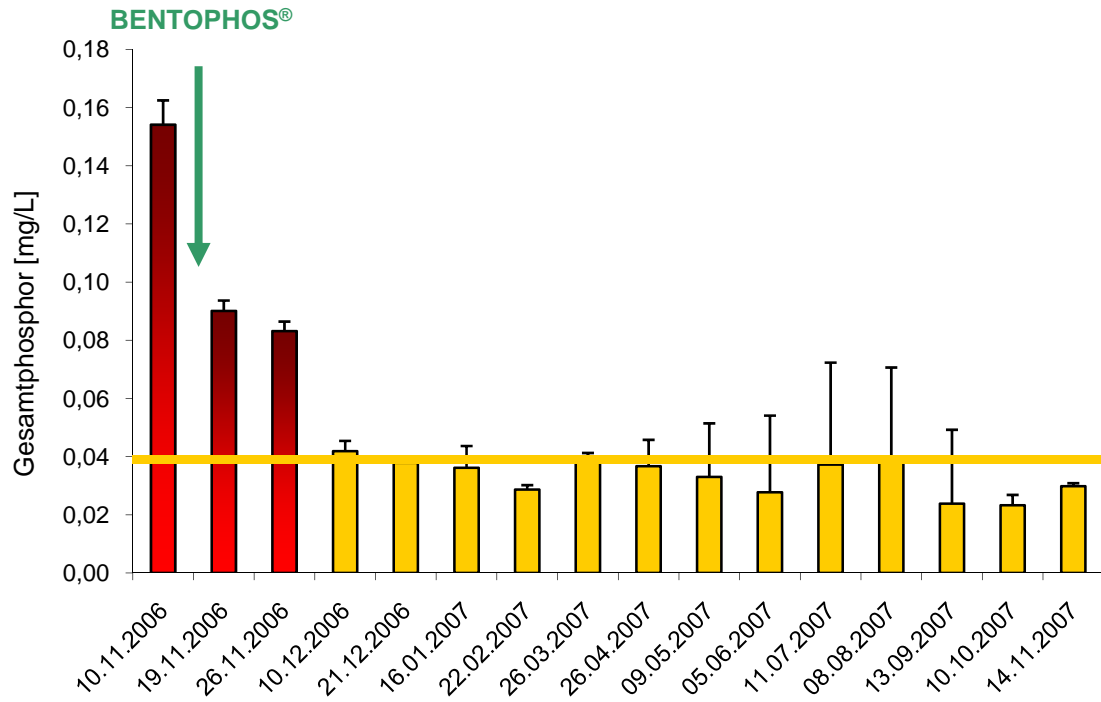


Abbildung 6: Gesamtphosphor-Verteilung im Wasserkörper