

Olaf W. KRÜGER, Günter SCHLUNGBAUM

Die Sanierung und Restaurierung des Neustädter Sees - ein Konzept aus ökologischer, ökonomischer und technischer Sicht

Abstract

The Neustadt lake is situated in the north-east of Germany. It has an area of about 1.2 square kilometres and is 32 meters deep.

A survey is given about loadings with nitrogen and phosphorus for this eutrophicated lake. The sediment and the water were investigated before and during the restoration in the spring of 1999 and after this time. It was sucked of fresh material from the depth of the lake during 4 weeks. The aim of this restoration was the deletion of phosphorus, which is the main cause for the eutrophication.

1 Einleitung

Der Neustädter See ist eines von vielen klein- bis mittelgroßen Gewässern in Mecklenburg-Vorpommern. Seine Fläche beträgt $1,2 \text{ km}^2$, er hat ein Wasservolumen von $8,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ und eine Maximaltiefe von 32 m. Er hatte bis vor wenigen Jahren noch einen mesotrophen Zustand, der sich aber mittlerweile in einen eutrophen umgewandelt hat. Die Bedeutung des Sees liegt für die Bevölkerung in der Umgebung von Neustadt-Glewe vor allem in seinem Erholungswert als Badegewässer.

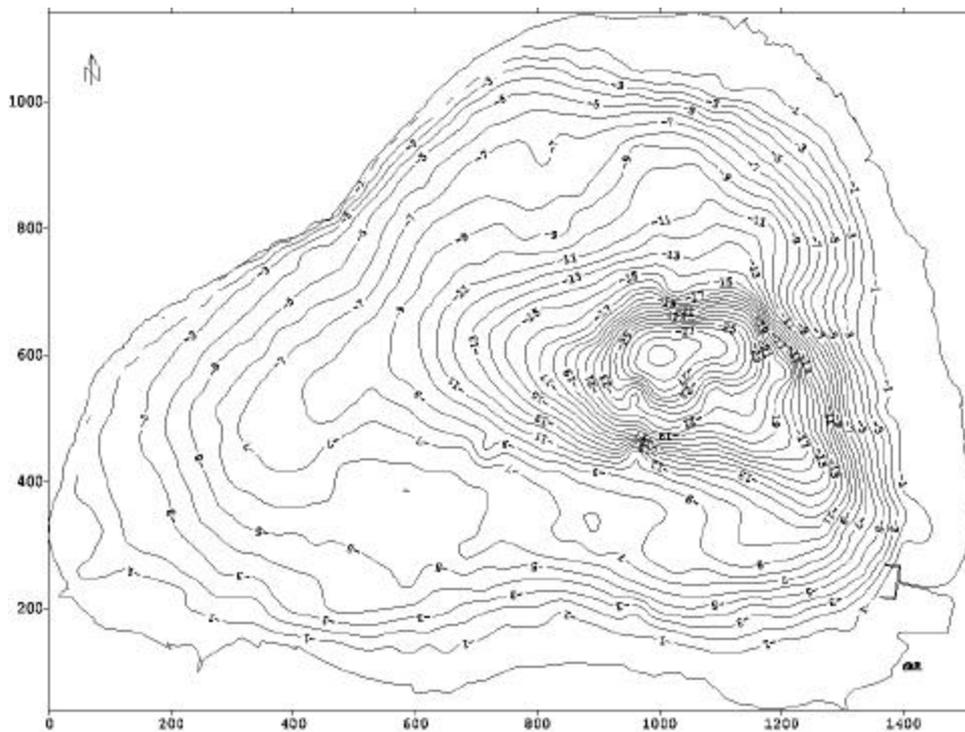


Abb. 1 Tiefenkarte des Neustädter See

Entwicklung des Remesotrophierungsvorhabens

In den letzten Jahren sind enorme Anstrengungen unternommen worden, von Seiten der Stadt, der Region und des Landes um eine Restaurierung des Sees zu bewirken. Ein anfänglich favorisiertes Verfahren zur Absaugung des Tiefenwassers und der Eliminierung des darin gelösten Phosphors (Pelicon Hamburg), wurden nicht durchgesetzt, und so kam es zu einer dem See nicht zuträglichen Verzögerung in der Restaurierung.

Mit dem Peliconverfahren sollte Tiefenwasser direkt über dem Sediment, während der Stagnationsphase abgesaugt werden. Das Wasser wird mittels Fällung vom SRP gereinigt und wieder dem See zugeführt. Dabei wird das, entlang dem entstehenden Konzentrationsgefälle, vermehrt aus dem Sediment rückgelöste Phosphat mit eliminiert. Allerdings treten bei dieser sehr sanften Methode verschiedenste Probleme auf:

- Ein zu sehendes Hauptproblem liegt in der geringen Rücklösungsgeschwindigkeit des Phosphates und der doch langsamen Transportprozesse an die Sediment-Oberfläche. D.h. es könnte damit gut eine geringe Oberflächenschicht behandelt werden, dagegen im Tiefenbereich des Sedimentes ist die Wirkungsweise anzuzweifeln.
- Falls überhaupt ist ein sehr langer Zeitraum (bis Jahrzehnte) dafür einzuplanen.

Klare Vorteile dieses Verfahrens sind dagegen:

- in den geringen Kosten der Anlage selbst und den geringen laufenden Kosten zu sehen,
- in einem gezielten Betrieb der Anlage während der Stagnationsphasen und in der Tatsache, daß es sich um eine
- sehr sanfte Methode handelt.

Für den Neustädter See wurde dieses Verfahren sowohl aus zuvor genannten Gründen als auch aus verwaltungstechnischen Gründen im Ausschreibungsverfahren abgelehnt.

Damit änderte sich der Zustand des Sees in den folgenden Jahren stark zum Schlechteren, vor allem durch seine enorme innere P-Düngung. Die Auswirkung war an dem rasanten Sauerstoffschwund in dem sich schnell bildenden Hypolimnion der Frühjahre 1997 und 1998 zu sehen. Die Gesamt P-Konzentrationen im Hypolimnion stiegen bis auf 0,2 mg P/l an. Weiterhin machte sich eine starke Abnahme der Sichttiefe auf nur noch 0,8 m bemerkbar.

Durch diese sichtbare drastische Verschlechterung des ehemals mesotrophen Sees wurde für 1999 eine Restaurierung durch Absaugung des Tiefenbeckens avisiert.

Für die Maßnahme kam ein Saugbagger der holländischen Firma ECO, welche durch die Firma Bilfinger+Berger (Umweltverfahrenstechnik GmbH) engagiert wurde, zum Einsatz. Diese Anlage arbeitet computergestützt und satellitengesteuert. Dabei ist das Oberflächensediment in einem Mischungsverhältnis Sediment : Wasser von 1:1 bis 1:3 (mündliche Mitteilung durch Mitarbeiter der Firma) aus dem See gefördert worden. Das Gemisch wurde dann über eine Druckleitung bis zu den vorher bereitgestellten Polderflächen (Spülfelder) in Seenähe transportiert und in eben diese eingespült.

Die Polderflächen werden in einem zweistufigen Plan bis zum Jahr 2001 wieder der landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt.

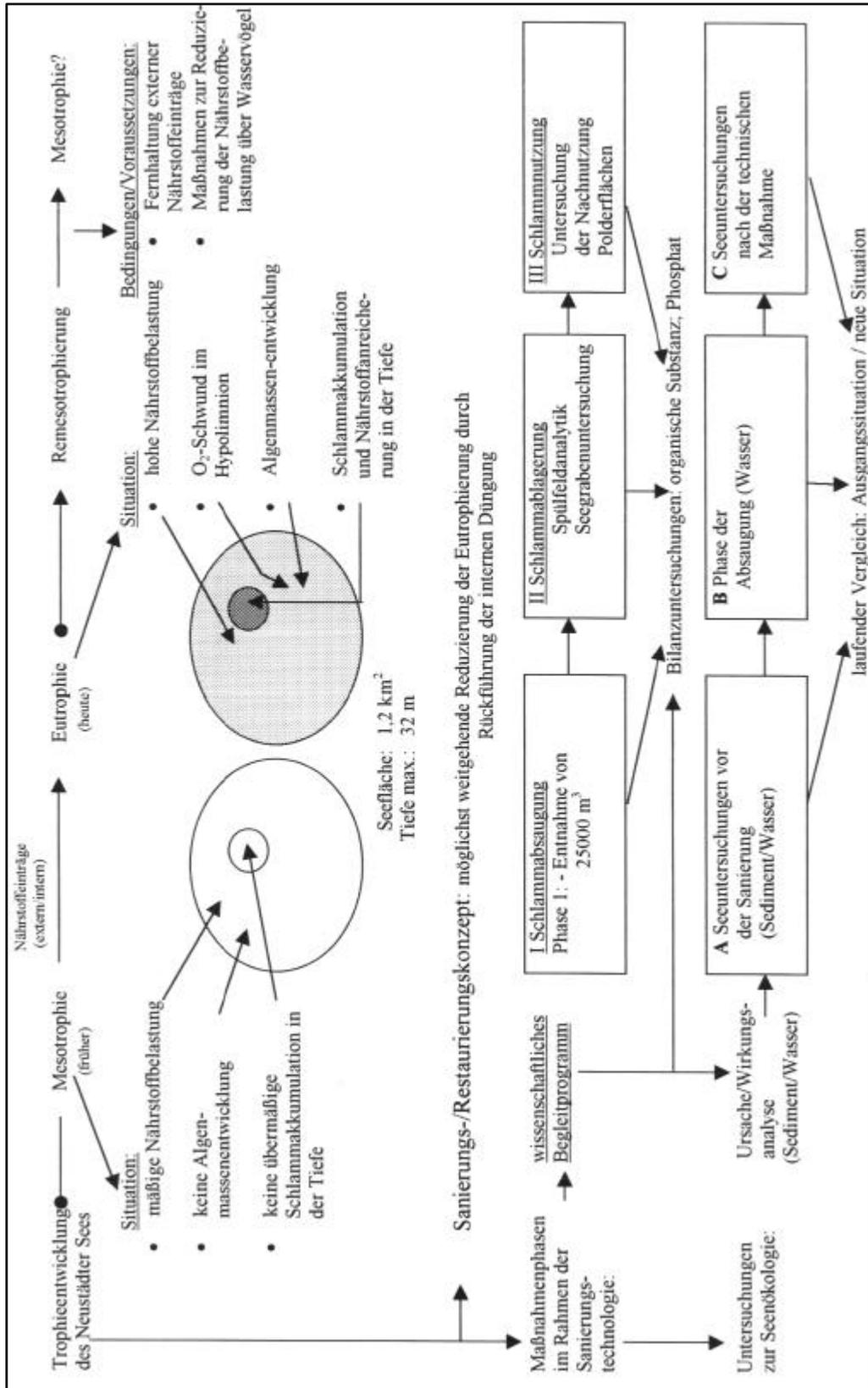


Abb. 2 Schema über die Verknüpfung zwischen Ökologie und Technik

Im Folgendem wird die Seeentwicklung im Jahr 1999 dokumentiert und in Bezug zu der im April und Mai 1999 stattgefundenen Sedimentabsaugung gestellt. Es werden Aspekte des Wasserkörpers und des Sedimentbereiches berücksichtigt. Untersuchungen vor der Maßnahme fanden vom 15. bis 19.03. und am 14.04.1999 statt. Die Absaugphase reichte ohne technische Vorbereitung vom 28.04. bis 26.05.1999. In diesem Zeitraum wurde eine Beprobung des Wasserkörpers im Dreitagesrhythmus eingehalten. Parallel ist das Ablaufwasser- Sedimentgemisch während des Anlagenbetriebes stündlich zur Untersuchung gekommen. Im Anschluß an diese Intensivmaßnahme wurde eine lückenlose Untersuchung des Sees in etwa 3-wöchigem Abstand realisiert. Der letzte in diesem Beitrag ausgewertete Termin lag am 01.11.1999.

2 Seevoranalyse 1999

2.1 Wasser

Die Voranalyse hat hinsichtlich der Wasserwerte keine überraschenden Ergebnisse geliefert. Ortho-Phosphat ist im Freiwasser kaum nachweisbar und die Gesamphosphorwerte liegen im Bereich um 0,05 mg/l. Ähnlich niedrige Werte sind auch für Nitrit, Nitrat und Ammonium zu verzeichnen. In diesen Werten spiegelt sich eine typische Situation des zeitigen Frühjahres wider. Die Sichttiefe von 1,30 m ist zu diesem Zeitpunkt ebenfalls nicht besonders auffällig.

2.2 Sediment

Zur Voranalyse wurde ein Sedimentkern von 2 m Länge gewonnen. Dem ist im Vergleich eine Einzelprobe aus 8 m Sedimenttiefe gegenübergestellt worden.

Die Auswertung nach allgemeinen sedimentologischen Parametern hat ein sehr einheitliches Bild über die gesamte Tiefe hervorgebracht. Der Wassergehalt liegt permanent um 90 %. Die organischen Gehalte schwanken zwischen 45 und 60 %, mit zwei Ausnahmen bei 1,4 und 1,5 m Tiefe. Größere Differenzierungen sind in der Korngröße zu finden, ohne aber einen Gradienten in die eine oder andere Richtung zu zeigen. Sie schwankt zwischen 0,1 und bis zu 0,5 mm. Dieses Phänomen ist auch in früheren Untersuchungen zu beobachten und nach weiteren Untersuchungen darauf zurückzuführen, daß grobes faseriges Material auf dem oberen (gröbsten) Sieb aufgefangen wird, welches zum größten Teil organischen Ursprungs ist (siehe Tab. 1).

Tabelle 1 Verteilung des organischen Gehaltes und des Gesamtphosphors über die einzelnen Siebfraktionen

Sediment						Anteil der Fraktionen (% der Gesamtsubstanz)	
	mittlere Korngröße (mm)	%-Anteil Kornfrak- tionen	Wasser- gehalt (%)	org. Ge- halt (%)	ges. P** (mg/g TM)	org. Ge- halt (%)	ges. P** (mg/g TM)
10+20+30 cm	0,2		92,4	50,8	2,3		
>1 mm	***	0,9	***	70,8	1,7	0,6	0,01
0,5-1 mm	***	1,7	***	58,7	1,0	1,0	0,02
0,2-0,5 mm	***	43,9	***	54,2	2,6	23,8	1,12
0,1-0,2 mm	***	16,7	***	52,4	2,4	8,8	0,40
0,063-0,1 mm	***	6,7	***	58,8	2,2	3,9	0,15
Summe:						<u>38,1</u>	<u>1,71</u>
<0,063 mm	***	30,1				12,7	0,56
40+50 cm	0,2		92,1	50,5	2,2		
>1 mm	***	0,9	***	71,8	2,9	0,7	0,0
0,5-1 mm	***	1,6	***	56,1	3,0	0,9	0,0
0,2-0,5 mm	***	42,7	***	55,0	2,4	23,5	1,0
0,1-0,2 mm	***	14,6	***	42,9	1,9	6,3	0,3
0,063-0,1 mm	***	12,4	***	57,6	2,5	7,2	0,3
Summe:						<u>38,5</u>	<u>1,70</u>
<0,063 mm	***	27,7				12,0	0,54
90+100+110 cm	0,3		89,9	46,7	2,1		
>1 mm	***	2,6	***	72,1	1,8	1,9	0,0
0,5-1 mm	***	6,7	***	56,6	1,5	3,8	0,1
0,2-0,5 mm	***	60,9	***	42,2	1,6	25,7	0,9
0,1-0,2 mm	***	11,8	***	36,3	1,1	4,3	0,1
0,063-0,1 mm	***	3,6	***	59,2	1,7	2,1	0,1
Summe:						<u>37,8</u>	<u>1,28</u>
<0,063 mm	***	14,3				8,8	0,79
140+150+156 cm	0,5		94,0	68,7	1,3		
>1 mm	***	27,1	***	78,3	1,0	21,2	0,3
0,5-1 mm	***	21,6	***	78,7	1,1	17,0	0,2
0,2-0,5 mm	***	33,1	***	66,0	0,9	21,9	0,3
0,1-0,2 mm	***	7,5	***	62,2	0,9	4,7	0,1
0,063-0,1 mm	***	1,4	***	76,5	1,2	1,1	0,0
Summe:						<u>65,8</u>	<u>0,88</u>
<0,063 mm	***	9,2				2,9	0,42
190 cm	0,4		77,5	14,7	0,2		
>1 mm	***	21,2	***	27,1	0,2	5,7	0,0
0,5-1 mm	***	16,6	***	28,2	0,0	4,7	0,0
0,2-0,5 mm	***	54,5	***	7,9	0,1	4,3	0,1
0,1-0,2 mm	***	7,2	***	6,3	0,1	0,5	0,0
0,063-0,1 mm	***	0,1	***	***	***	***	***
Summe:						<u>15,2</u>	<u>0,11</u>
<0,063 mm	***	0,4				-0,5	0,14

** ges. P Bestimmung als o-PO₄-P nach HCl-Aufschluß aus der Asche

*** keine Probe ausgewertet

Der Gehalt von CaCO₃ ist mit durchschnittlich 2,3 % der Trockenmasse sehr gering und zeigt unter Umständen eine kleine Erhöhung in den oberen 30 cm des Sedimentkernes.

Auffällig und sofort auch optisch ansprechbar war ein Sandband, welches sich sehr scharf im Horizont von 1,57 m abzeichnete und eine Dicke von 3 cm aufwies. In diesem Bereich wurde auch ein wesentlich geringerer Wassergehalt von 76 % gemessen und ein organischer Gehalt von nur 14 % bestimmt.

Zusammenfassend gilt, daß es sich um ein durchgehend schlickiges, stark komprimiertes Sediment mit hohem bzw. sehr hohem organischen Gehalt und Wassergehalt handelt. Es konnte sowohl optisch als auch anhand von typischen Sedimentparametern keine Auflageschicht definiert werden.

2.3 Polderflächen

Durch die homogene Fläche, welche im Nordwesten des Sees als Spülfeldfläche ausgewählt wurde, sind die drei einzelnen Polderflächen mit je einer Probe Oberflächenboden charakterisiert worden.

Dabei hat sich folgendes Ergebnis (siehe Tab. 2) herausgestellt:

Tabelle 2 Typische Parameter zur Kennzeichnung der Polderflächen

Sediment	Wassergehalt (%)	org. Gehalt (%)	CaCo3 (mg/gTS)	CaCo3 (% TS)	mittlere Korngröße (mm)
Polder 1	13,1	3,5	3,22	0,3	0,322
Polder 2	15,5	4,5	3,95	0,4	0,395
Polder 3	12,2	3,0	2,94	0,3	0,294

3 Limnologie des Neustädter Sees während der Intensivmaßnahme

Die Beprobung erstreckt sich vom 29.04. bis zum 26.05.1999. Es wurde ein dreitägiger Rhythmus für die Wasseruntersuchungen gewählt, um einerseits Veränderungen im See zu dokumentieren und bei Bedarf zu handeln und andererseits, weil ein noch dichter Rhythmus nicht durchführbar gewesen wäre. Die Untersuchungen gliedern sich in die Seeuntersuchung und parallel in die Untersuchungen zum Ablauf aus der Sauganlage.

3.1 Wasser

3.1.1 Insitu-Parameter

Bei den insitu-Messungen handelt es sich um Messungen mit einer ME-OCT-Meeressonde mit Rechnereinheit. Es werden die Temperatur, der pH-Wert, die Salinität und der Sauerstoff (in %-Sättigung und Konzentration) über die Tiefe aufgezeichnet. Im Neustädter See ist eine Tiefeneinteilung von 1 m als ausreichend bewertet und realisiert worden.

Es findet genau während der Absaugphase die stabile Temperatureinschichtung des Sees statt. Bis zum 02.06.1999 ist eine stabile Sprungschicht als Grenzschicht zwischen Epi- und Hypolimnion ausgebildet. Dem folgt eine schnelle Abnahme des Sauerstoffs im Tiefenbereich bis zu einer Sauerstofffreiheit im Grundbereich.

Der pH-Wert liegt wie auch schon in den letzten Jahren bei ca. 9 im Epilimnion und geht im Hypolimnion auf 7,3 bis 7,5 zurück. Auch bei der Leitfähigkeit ist über den gesamten Zeitraum keine Auffälligkeit zu verzeichnen. Der Pegelstand des Sees wurde durch die Absaugung nicht beeinflusst. Es ist eine Abnahme des Pegels von 90 auf 82 zu verzeichnen, was mit 80 mm im normalen Schwankungsbereich für diesen See liegt.

Eine in diesem Jahr erstmals wieder aufgetretene Besonderheit ist dennoch auffällig. Es wurden relativ hohe Sichttiefen für das Gewässer in dem Gesamtzeitraum festgestellt.

Tabelle 3 Sichttiefen

Datum	Secchitiefe [m]	Datum	Secchitiefe
29.04.99	1,10	14.05.99	1,20
02.05.99	1,60	17.05.99	1,60
05.05.99	1,00	20.05.99	1,40
08.05.99	1,00	23.05.99	1,80
11.05.99	1,20	26.05.99	1,90

Sie steigen allmählich von 1,10 m auf 1,90 m an. Es sei an dieser Stelle bemerkt, daß sich dieser Effekt auch im weiteren Jahresverlauf fortsetzen wird. Diese Tatsache ist momentan nur schwer zu erklären. Als wahrscheinliche Möglichkeiten sei folgendes postuliert:

- Die Absaugung hat durch Aufwirblungen im Tiefenbereich Kondensationskerne bereitgestellt, an denen eine Anlagerung von Plankton stattgefunden hat. Dieses Material ist dann im Gegensatz zu einem unbeeinflussten Wasserkörper sehr schnell abgesunken. Daher ist es möglich, daß kaum Planktonblüten

stattgefunden haben und der See über diesen internen Klärungsprozeß „sauberer“ erscheint.

- Es kommt hin und wieder vor, daß sonst übliche Frühjahrsblüten des Phytoplanktons ausfallen und damit auch keine Grundlage für ein rasches Zooplanktonwachstum geben. Da aber das Plankton ein Hauptfaktor für die Trübung, welche sich in der Secchitiefe widerspiegelt, ist, kann die relativ hohe Sichttiefe nicht zwingend als Folge der Sedimentabsaugung betrachtet werden.

Die Untersuchung eines weiteren Jahresganges kann Aufschluß über die Ursachen geben.

3.1.2 Wasseranalysen

Für die Wasseranalyse wurde im Abstand von 5 m eine Probe über der tiefsten Seestelle genommen. Parallel dazu sind Oberflächenproben und Proben in 2 und 5 m Wassertiefe am Seerand auf der West- und Ostseite des Sees beprobt worden. Nach Standardmethoden wurden daraus die Konzentrationen für:

- Ammonium-N
- Nitrit-N
- Nitrat-N
- Gesamtstickstoff
- ortho-Phosphat-P
- Gesamtphosphor
- Seston
- Chlorophyll a

bestimmt.

Die ohnehin im Frühjahr geringen Ammoniumwerte mit etwa 0,3 mg NH₄-N/l im Tiefenbereich sinken in den ersten Tagen der Baggerung noch ab. Nach etwa 8-10 Tagen kommt es zum leichten Anstieg der Konzentration und bildet dann einen stabilen Zustand bis zum Ende der eigentlichen Maßnahme.

Das Nitrit ist als Zwischenprodukt bei der Denitrifikation in diesem Zeitraum erwartungsgemäß mit höchstens 0,01 mg NO₂-N/l zu vernachlässigen.

Nitrat ist mit etwa 0,05 mg NO₃-N/l auch nur in geringer Konzentration vorhanden, steigt aber etwa zur Mitte der Zeit der Maßnahme deutlich im Tiefenbereich an und pendelt sich dann jedoch schnell wieder auf das geringe Niveau ein.

Auch in der Summe der Stickstoffparameter ist die niedrige Ausgangskonzentration und der Trend zur leichten Erhöhung während der Maßnahme zu erkennen.

Ähnlich wie mit den Stickstoffkonzentrationen ist es auch mit denen des Phosphors. Mit Beginn der Maßnahme sinken die Konzentrationen auf ein Minimum ab. Danach kommt es zu einem sehr geringen Anstieg bis zum Maßnahmeneinde. Ein kurzzeitiges Maximum wird am 17.05.1999 erreicht, ist aber mit etwa 0,08 mg o-PO₄-P/l und 0,09 mg ges. P/l für diesen See noch gering.

Anders als bei den Nährstoffen ist beim Seston, dem Schwebenden im Wasserkörper, eine höhere Konzentration in der oberen Wassersäule zu erkennen, was mit dem Anteil an Phyto- und Zooplankton in Zusammenhang zu bringen ist. Ein starker Anstieg bis zum Maximum von 8,8 mg/l ist am 17.05.1999 aufgetreten.

Wenn man Nährstoffe und Seston zusammen betrachtet ist ersichtlich, daß am 17.05.1999 im Tiefenbereich eine Besonderheit aufgetreten sein muß, welche intensiv das Sediment aufgewirbelt hat. Durch eine Aufwirbelung ist die steigende Sestonkonzentration zu erklären. Außerdem würde es zu einer vermehrten Nährstofffreisetzung kommen, was sich auch in den Werten widerspiegelt.

3.1.3 Plankton

Sowohl das Zooplankton als auch das Phytoplankton zeigt im Verlauf der Sanierungsmaßnahme keine Besonderheiten. Es ist allgemein eine geringere Planktonkonzentration im Vergleich zu den Vorjahren festzustellen. Im betrachteten Zeitraum hat es keine Blüten gegeben. Das Zooplankton wird ganzzeitig von Copepoden dominiert.

Beim Phytoplankton hingegen ist ein Wechsel von einer Bacillariophyceen- über eine Cyanophyceen- zu einer Chlorophyceendominanz zu verzeichnen. Trotz dieser Schwankungen ist die Planktonkonzentration gering.

4 Limnologie des Neustädter Sees nach der Maßnahme

Um eine Entwicklung des Gewässers nach dem Eingriff zu verifizieren wurde eine etwa 3-wöchige Beprobung aufrechterhalten. Bei diesen Untersuchungen wurden hauptsächlich Wasserparameter beachtet. An verschiedenen Terminen sind zusätzlich Proben von der neu geschaffenen Sedimentoberfläche analysiert worden.

4.1 Wasser

4.1.1 Insitu-Parameter

Die im Abschnitt 3.1.1 beschriebene schnelle Einschichtung bleibt während des gesamten Sommers stabil erhalten. Ende Oktober ist eine beginnende Auflösung der Sprungschicht zu erkennen. Dieser Prozeß setzt sich bis zum 01.11.1999 fort. Dementsprechend ist das Hypolimnion sehr lange einem sauerstofffreien Zustand ausgesetzt, was zur Folge hat, daß anaerobe Rücklöseprozesse aus dem Sediment stattfinden konnten. Die weiteren Parameter pH-Wert und Leitfähigkeit sind im Gesamtzeitraum wenig auffällig und kaum verschieden zu den Vorjahren.

Größere Abweichungen sind im Vergleich zu 1996-1998 in der Sichttiefe zu finden (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4 Sichttiefe

Datum	Secchitiefe [m]	Datum	Secchitiefe [m]
02.06.99	2,60	08.09.99	2,00
30.06.99	2,80	04.10.99	1,10
20.07.99	2,10		
16.08.99	1,60		

Am 30.06.1999 wird ein Maximalwert von 2,8 m erreicht, der auf eine sehr partikelarme Wasserqualität schließen läßt.

Auch der Seepiegel, der bis zum Ende der Maßnahme recht stabil geblieben ist, sank über den trockenen Sommer um 40 cm auf einen Pegel von 44 am 01.11.1999.

4.1.2 Wasseranalysen

Wichtige Stickstoffparameter sind im Jahresverlauf der Nitrat-N und der Ammonium-N. Nitrat-N steht mit anhaltender Anaerobität als Sauerstoffdonator zur Verfügung und wird dabei im Prozeß der Nitratammonifikation zum Ammonium-N umgewandelt. Dabei gibt es den Sauerstoff ab. Als Zwischenprodukt dieses Vorganges entsteht kurzzeitig der instabile Nitrit-N, er spielt hier für weitere Betrachtungen keine Rolle.

Der Nitrat-N ist mit dem 01.07.1999 fast völlig aus dem Hypolimnion eliminiert und kommt bis zum Ende der Beprobungen am 01.11.1999 nur in geringsten Konzentrationen vor.

Auf Grund der beschriebenen Prozesse nimmt die Ammonium-N-Konzentration stetig bis zum Maximum von 0,9 mg/l am 08.09.1999 zu. Danach ist wahrscheinlich durch die allmähliche Verschiebung der Sprungschicht in tiefere Regionen ein Abfall zu beobachten, der jedoch im Novemberwert nicht mehr zu registrieren ist. Die Ammonium-N-Werte sind gegenüber dem Vorjahr nicht auffällig abweichend.

Bei dem Nährstoff ortho-Phosphat kann man deutlich eine Rücklösung aus dem Sediment mit dem Anhalten der Sauerstofffreiheit erkennen. Ortho-PO₄-P steigt bis auf einen Wert von 0,2 mg/l im Tiefenbereich 20-25 m und 0,16 mg/l im Bereich 15-20 m an. Dieses ist trotz oder gerade wegen der neuen, bisher in 1 m Sedimenttiefe gelegenen, Oberfläche ein beachtlicher Wert. Wenn man das Wasservolumen des 20 m-Bereiches bedenkt, welches $0,268 \times 10^6 \text{ m}^3$ beträgt, dann sind über das Jahr etwa 188 kg o-PO₄-P eingetragen worden. Es ist davon auszugehen, daß die größte Menge aus der Rücklösung aus den Sediment stammt. Daher ergibt sich bei einer Fläche von 61400 m², daß etwa 3g o-PO₄-P/m² rückgelöst wurden.

Der Sestongehalt, welcher sich hauptsächlich aus Plankton und Detritus zusammensetzt, ist während der Absaugung angestiegen, d.h. der See wurde mit verstärkten Materialeintrag belastet. Dieser Input, hauptsächlich im Tiefenbereich

des Sees, läßt auf eine Aufwirbelung schließen. Es wird das Seston über den Gesamtzeitraum nur langsam wieder abgebaut bzw. sinkt aus dem Freiwasser ab. Der sommerliche Anstieg in den oberen Wasserregionen ist normal und auf die Zunahme des Planktons zurückzuführen. Dieses im Epilimnion gebildete Material sinkt dann ins Hypolimnion ab, wird dabei schon teilweise abgebaut, und bildet so die neue Präsedimentauflage von wenigen Millimetern.

Zusammenfassend zu der wasseranalytischen Problematik ist zu erwähnen, daß die Werte grundsätzlich keine Entscheidung über eine Verbesserung oder Verschlechterung des Seezustandes zulassen. Es steht fest, daß an der Sedimentoberfläche im Zeitraum des 17.05.1999 eine Veränderung stattgefunden hat. Sehr deutlich ist dies in den Sestonwerten, aber auch bei den Nährstoffen zu sehen. Diese Beeinflussung läßt relativ viel Raum für Spekulationen. Eine Erklärung ist ein technischer Defekt der Anlage und somit eine starke Aufwirbelung des Seegrundes. Aber eine ebenso plausible wie wahrscheinliche Variante für dieses Ereignis, ist die Möglichkeit einer massiven Nachrutschung von Sediment in den bis dahin schon abgesaugten Tiefenbereich des Sees. Das solch ein Ereignis stattgefunden hat, läßt sich auch aus den im folgenden diskutierten Sedimentproben herleiten.

4.2 Sediment

Sofort nach der Beendigung der Baggermaßnahme im Neustädter See wurde die neu geschaffene Oberfläche mit Hilfe des Stechrohres nach dem Mondseeprinzip beprobt. Die ersten 5 Kerne wurden am 02.06.1999 gezogen und ausgewertet. Es hat sich herausgestellt, daß kein einheitliches Bild zu entwickeln war. Der Kern 2 wies schon nach 30 cm eine Sandschicht auf und reichte daher auch nicht tiefer. Die anderen Kerne, ebenfalls alle aus dem Tiefenbereich, weisen z.T. eine maximale Eindringtiefe von 80 cm auf. Hier zeichnet sich ab, daß auf allen Kernen schon rein optisch eine etwa 30 cm starke Auflage von frisch sedimentiertem Material vorzufinden ist. Die Wassergehalte dieser Schicht liegen auch etwas höher als im darunter gelegenen Sediment. Ein Indiz, welches für eine Neuauflage des Materials spricht, ist auch der $\text{o-PO}_4\text{-P}$ Gehalt in den 10 cm-Stufen am Kern 3. Hier liegen sie im Oberflächenbereich niedriger als in den folgenden Schichten. Dieses ist durch die Herauslösung des Nährstoffes in das Freiwasser während einer eventuellen Bewegung des Sedimentes (z.B. durch Aufwirbelung oder Rutschung) zu erklären. Dem gegenüber stehen die schwerer löslichen P-Anteile welche im Gesamtposphor mit erfaßt werden. Betrachtet man ebenfalls für den Kern 3 diesen Parameter, so ist die höchste Konzentration an der Oberfläche zu messen, und es ist ein kontinuierlicher Rückgang zu bemerken.

Weitere Untersuchungen an verschiedenen Kernen vom 08.06.1999, 30.06.1999 und 20.07.1999 haben ähnliche Ergebnisse gezeigt.

Das Sediment, egal in welcher Tiefenschicht, hat immer den hohen Wassergehalt von etwa 90 % und einen organischen Gehalt, der zwischen 45 und 65 % schwankt. Diese Werte sind auf keinen Fall signifikant von denen vor der Baggerungsmaßnahme verschieden. Auffällig sind nur die 30 cm Neuauflage und daß z.T. auch Sand gefunden wurde. Das Problem Sand ist mit dieser Methode nicht ausreichend zu klären, da dieses Stechrohr nicht in tiefere Sandschichten eindrin-

gen kann. Es ist also möglich und auf Grund schon früher gefundener dünner Sandbänder in manchen Kernen auch wahrscheinlich, daß es sich dabei um Sandlinsen handelt.

Eine weitere Bestätigung für eine gestörte Oberflächenschicht liefert die Untersuchung verschiedener Kerne nach der PSENNER-Methode zur Fraktionierung von Phosphorverbindungen. Dabei wird der Phosphor in verschiedene Fraktionen entsprechend der Löslichkeit unterteilt.

Auffällig ist, daß im Vergleich alle Fraktionen höhere Konzentrationen als bei Kernen aus den vergangenen Jahren aufweisen. Weiterhin bedeutsam ist das Fehlen bzw. nur geringe Vorhandensein der wasserlöslichen Phase Pi in beiden Kernen und ebenfalls der, unter reduktiven Bedingungen auftretenden, Fraktion BD-Pi. Das Eliminieren dieser Fraktionen wird sehr wahrscheinlich auf die schon erwähnte Beeinflussung der Oberflächenschicht von etwa 20-30 cm zurückzuführen zu sein.

Die Sedimente an der neu geschaffenen Oberfläche sind danach ähnlich reaktiv wie die alte Oberfläche. Anhand der Kerne kann man die Absaugung gut nachvollziehen, man muß aber auch bemerken, daß sofort eine Überschichtung von gut 30 cm vorher resuspendierten Materials stattgefunden hat.

Auch beim Vergleich des Tiefenbereiches mit Hilfe der Echolottechnik der Firma SOSO Jena wird diese Feststellung erhärtet. In den Echogrammdarstellungen ist ständig eine dünne Schicht erkennbar. Diese entspricht der im Kern beobachteten 30 cm Neuaufgabe von Sediment.

Weiterhin ist in allen Aufzeichnungen eine nicht mehr ebene Oberfläche zu beobachten. Es sind teilweise bis zu 50 cm große Löcher oder Hügel zu vermerken. Teilweise hat schon eine Verfüllung dieser so neu entstandenen Räume stattgefunden.

Weiterhin ist bei der Auswertung und dem Vergleich dieser Aufnahme mit solchen von 1997, eine Ausdehnung des 25-30 m Bereiches und eine Neuentstehung des Bereiches tiefer 30 m zu verzeichnen.

5 Ergebnisse der Bohrkernuntersuchungen

Vor und nach der Absaugung des Neustädter Sees sind mit der Unterstützung des UFZ Magdeburg (Dr. SCHARF) mehrere Kerne gebohrt worden. Dabei wurden Tiefen von bis zu 12 m erreicht. Dieser Maximalwert entspricht auch der Gesamtschlammächtigkeit im Tiefenbereich des Neustädter Sees. Die Einzelergebnisse der Untersuchungen sind schon in die verschiedenen Auswertungen mit eingegangen. Hier soll als Zusammenfassung nochmals ein Kern als ein charakteristisches Beispiel detailliert beschrieben und mit Kennwerten belegt werden.

Der Gesamtkern ist jeweils in 2 m-Stücke zerlegt und später zur Einzelprobengewinnung halbiert worden. Aus der ersten Hälfte wurde genügend Material (10 cm Abschnitte) für die Sedimentgrundparameter gewonnen. Außerdem hat anhand der einen Hälfte eine optische Beschreibung stattgefunden:

0 – 2 m:

0,00 – 0,48	Oberfläche; sehr schlickig; kein Sand; fast schwarz; feine Fasern; hoher Wasseranteil
0,48 – 0,90	„torfig“; stark „durchwurzelt“; fast schwarz; hoher Wasseranteil
0,90 – 1,03	fast schwarz; dichter; Einlagerungen von Schilfhalmern, kleinen Blättern; keine feinen Wurzeln
1,03 – 1,39	heller; grau-braun
1,39 – 1,405	Sandband; heller
1,405 – 1,635	heller; grau-braun
1,635 – 1,70	durchbrochene Sand- und Sedimentlagen
1,70 – 1,86	heller; grau-braun

2 – 4 m:

2,26 – 2,275	} Sandlagen
2,31 – 2,33	
2,47 – 2,49	
2,49 – 2,51	unterbrochene Sandlage
2,625 – 2,63	unterbrochene Sandlage
2,665 – 2,68	schwarze grobe Einlagerungen als Band
2,70 – 2,71	doppeltes Sandband; jeweils etwa 2mm stark
2,71 – 3,80	braun; schmierig; sandfrei

4 – 6 m:

4,00 – 5,29	dunkel braun; schmierig; kein Sand
4,10 – 4,30	„Flecken“
4,40 – 4,50	„Flecken“
4,60 – 4,61	rotbraunes Band
4,61 – 4,625	grünes Band
5,29 – 5,835	grob; teilweise faserige Einschlüsse; zunehmend gebändert
5,595	} helle Bande; faserig; beige-grau
5,615	
5,70 – 5,71	
5,79	schwarze Bande

6 – 8 m:

6,00 – 7,18	deutliche feine Bänderung (1-2 mm starke Bänder); von oben nach unten dunkler werdend; bräunlich – rotbraun – schwarz – hellbraun; kein Sand
6,09	} helle Lage; Pflanzenfasern
6,25	
6,315	
6,75 – 6,80	grobfasriger „Klumpen“; heller bräunlich
7,18 – 7,79	Bänderung weniger deutlich; Substrat etwas faseriger als oben; kein Sand; dunkel

8 – 10 m:

8,00 – 9,78	dunkelbraun; fest; kein Sand; schmierig; stark gebändert ab 8,49 m:
8,49 – 8,495	grau; feinkörnig
8,52 – 8,535	Wechselagerung rotbraun – schwarz – braun – rotbraun
8,56 } 8,57 } 8,58 }	jeweils etwa 3mm starkes schwarzes Band
8,69	grau; grob
8,71 – 8,73	Wechselagerung grau, faserig – rotbraun – grau – dunkelbraun – grau
8,765 – 8,775	rotbraune Lage
8,80 – 8,855	feine Bänderung; weiße Lage bei 8,81 (1 mm stark)
8,935	grau; grob
8,96	Doppellage; schwarz – grau; weniger dicht
9,05	3 mm starke Lage; dunkel grau
9,053 – 9,075	1 breitere Bande; rotbraun – schwarz
9,19 – 9,195	grau; grob
9,22 – 9,27	gebändert mit hellen, kleineren Einschlüssen
9,29 – 9,305	dunkelbraun
9,325 – 9,33	rotbraun bis schwarz
9,43 – 9,55	leichte Bänderung mit hellen Einschlüssen
9,55 – 9,56	dunkelbraunes Band
9,67	rotbraun faseriges Band

10 – 12 m:

10,00 – 11,58	dunkelbraun; trocken; kleine graue lagige Einlagerungen; kein Sand; geruchsfrei; teilweise grob faserig
11,58 – 11,60	Lage Mittelsand; grau-braun
11,60 – 11,645	dunkelbraun; trocken; kleine graue lagige Einlagerungen; kein Sand; geruchsfrei; teilweise grob faserig
11,645 – 11,655	Lage Mittelsand, grau-braun

→ + ca. 10 cm „Rest“

Die Grundparameter stellen sich wie folgt dar:

Kerntiefe [cm]	Wassergehalt [%]	org. Gehalt [%]	Aschegehalt [%]	CaCO ₃ [% TS]	ges. P [mg/g TS]
10	91,3	45,6	54,4	2,43	2,0
20	92,0	45,3	54,7	4,72	1,9
30	93,1	53,9	46,0	5,62	2,3
40	93,1	69,5	30,4	4,97	1,3
50	92,7	51,4	48,6	1,67	2,0
60	87,5	33,3	66,7	2,06	1,5
70	91,5	52,1	47,9	4,49	2,1
80	88,6	41,8	58,2	5,13	1,2
90	91,3	49,6	50,4	3,07	1,3
100	83,4	25,8	74,2	0,86	0,8
110	92,9	58,0	41,9	1,44	0,8
120	93,7	64,6	35,4	3,42	0,9
130	89,9	53,0	46,9	2,67	0,5
140	88,5	32,3	67,6	2,04	0,6
150	91,1	49,1	50,9	1,87	0,7
160	91,0	50,9	49,0	3,79	0,9
210	89,5	36,2	63,8	3,61	1,0
220	90,2	39,9	60,0	5,12	1,2
230	92,6	66,5	33,4	6,78	1,0
240	61,1	7,9	92,0	0,22	0,9
250	83,1	34,1	65,9	1,69	0,8
260	82,3	40,2	59,8	3,22	0,6
270	91,7	59,6	40,4	5,36	0,7
280	88,8	44,6	55,3	2,42	0,9
290	92,2	64,8	35,2	6,31	0,6
300	91,7	62,4	37,5	4,88	0,7
310	91,5	61,2	38,7	5,96	0,7
320	92,0	65,2	34,8	5,38	0,7
330	92,3	68,0	31,9	5,33	0,7
340	92,4	69,3	30,6	3,05	0,6
350	92,2	65,8	34,1	3,64	0,6
360	92,0	65,4	34,5	6,33	0,6
370	92,2	66,4	33,6	4,06	0,7
380	92,1	66,7	33,2	7,55	0,7
420	91,9	68,9	31,0	3,25	1,0
430	92,4	70,2	29,8	4,38	0,8
440	92,3	68,2	31,8	1,59	0,7
450	92,3	67,4	32,5	3,55	0,6
460	92,5	71,7	28,2	2,85	0,8
470	92,4	69,3	30,6	3,43	1,0

Kerntiefe [cm]	Wassergehalt [%]	org. Gehalt [%]	Aschegehalt [%]	CaCO3 [% TS]	ges. P [mg/g TS]
480	90,4	72,3	27,7	8,66	0,7
490	92,5	71,1	28,9	2,87	0,7
500	92,6	69,4	30,6	2,88	0,9
510	92,5	70,4	29,5	3,15	0,9
520	91,4	58,9	41,1	4,41	0,6
530	92,1	66,6	33,4	2,05	0,9
540	92,8	72,3	27,7	3,79	0,7
550	92,4	67,4	32,6	3,13	0,6
560	91,8	62,2	37,8	3,16	1,8
570	92,1	64,9	35,1	2,68	1,3
580	91,4	59,1	40,9	8,14	5,7
590	91,8	64,4	35,6	2,92	2,1
620	92,3	66,9	33,0	3,02	1,5
630	92,7	64,3	35,7	2,91	1,0
640	92,2	58,7	41,3	2,26	0,6
650	92,0	63,0	36,9	1,66	0,8
660	91,8	56,6	43,4		0,8
670	92,1	63,6	36,4	4,03	1,3
680	91,6	55,9	44,1	9,95	1,8
690	91,6	50,8	49,1	5,00	1,7
700	92,2	67,0	33,0	3,38	1,0
710	91,6	61,2	38,8		1,5
720	91,7	63,4	36,6	2,24	0,8
730	91,2	57,8	42,2	4,09	3,7
740	91,3	57,4	42,6	5,87	1,0
750	91,3	61,3	38,6	5,18	1,1
760	91,8	60,7	39,2	5,74	1,0
770	91,2	57,4	42,6	7,89	1,5
780	90,1	55,0	44,9	2,14	
820	90,0	65,9	34,0	4,45	0,6
830	89,6	60,3	39,6	0,89	0,9
840	90,6	59,0	40,9	1,62	0,8
850	90,6	59,0	41,0	3,86	1,1
860	89,6	61,4	38,6	0,87	1,5
870	89,4	60,2	39,8	2,51	0,6
880	89,3	64,6	35,4	1,21	1,2
890	88,7	64,7	35,2	2,11	2,3
900	88,9	57,1	42,8	2,09	3,3
910	90,1	65,8	34,2	2,03	1,7
920	90,4	61,5	38,5	3,29	1,9
930	88,9	62,8	37,2	2,23	2,2
940	89,3	63,1	36,9	1,38	3,8

Kerntiefe [cm]	Wassergehalt [%]	org. Gehalt [%]	Aschegehalt [%]	CaCO ₃ [% TS]	ges. P [mg/g TS]
950	89,2	60,1	39,9	0,29	2,0
960	89,3	63,3	36,6	3,10	1,0
970	87,6	64,3	35,6	2,51	2,1
980	88,5	57,9	42,1	2,97	2,2
1010	89,0	53,3	46,6	2,99	3,5
1020	87,7	54,9	45,1	2,69	2,5
1030	87,4	54,2	45,8	2,78	5,0
1040	88,5	58,8	41,1	1,35	1,9
1050	88,0	52,1	47,8	2,82	2,2
1060	87,6	52,1	47,9	1,59	2,8
1070	88,1	54,7	45,3	4,36	2,4
1080	87,0	58,7	41,2	3,20	4,3
1090	86,6	57,2	42,7	3,20	3,2
1100	86,9	57,2	42,7	3,59	5,5
1110	87,2	53,5	46,5	2,15	3,6
1120	86,9	51,5	48,5	4,54	1,2
1130	86,1	48,5	51,5	8,85	2,1
1140	85,8	57,1	42,9	3,07	1,2
1150	86,1	58,6	41,3	2,82	0,9
1160	84,7	60,8	39,1	3,41	0,7
1170	47,5	6,7	93,2	0,61	1,2
1180	17,8	0,5	99,4	0,03	1,4

Wie verdeutlicht wird, sind im gesamten Kern kaum Besonderheiten zu finden. Auffällig ist, daß die Gesamtphosphorwerte mit der Tiefe wesentlich mehr streuen. Dies ist auch in der Beschreibung des Kernes nachvollziehbar, da er je weiter man sich von der Oberfläche entfernt, stärker strukturiert ist. Der starke Rückgang in den Parametern CaCO₃, organischer Gehalt und Wassergehalt ab 11,7 m ist durch das Erreichen des Sandgrundes begründet. Da es sich bei diesem Kern um einen vor der Sanierungsmaßnahme handelt, kann man erkennen, daß mit dem ersten Meter der Bereich mit den höchsten (außer Einzelwerte) Gesamtphosphorwerten entnommen worden ist. Ab etwa 1,10 m bis 5,50 m ist der Wert stabil auf die Hälfte gegenüber der Oberfläche reduziert. Damit wird auch in diesem Kern die Empfehlung zur Absaugung von 1 m Frischsediment aus dem Tiefenbereich nochmals bestätigt.

6 Begleitung der Sanierung April/Mai 1999 - Bewertung mit Ausblick

Im Frühjahr diesen Jahres ist im Zeitraum vom 26.04.1999 bis zum 26.05.1999 Sediment aus dem Bereich ab 25 m im Neustädter See entfernt worden.

Das abgesaugte Material wurde über eine Leitung in die Spülfelder im Nordwesten des Sees eingeleitet. Diese ehemalige landwirtschaftliche Fläche wurde zu diesem Zweck bereitgestellt und mit Ende diesen Jahres wieder rekultiviert. Dabei wurde das inzwischen abgetrocknete Material dem kaum belasteten Originalboden untergemischt. Diese Einmischung hat zu keiner Beeinträchtigung des Bodens geführt, es wurden lediglich Naturstoffe als Dünger zur Bodenverbesserung eingemischt.

Wenn man den Gesamtvorgang der Absaugung betrachtet, so ist zu erkennen, daß in unregelmäßigen Zyklen gearbeitet wurde. Jedoch ist, wenn gesaugt wurde, im Durchschnitt ein Gemisch entnommen worden, welches 4,11 % Trockensubstanz (TS) enthielt. Daraus ergibt sich das täglich durchschnittlich 788 m³ Frischsediment (bei der Annahme von ~90 % Wassergehalt des Sedimentes im Tiefenbereich) entnommen wurden. So ist über den Gesamtzeitraum ein Volumen von 24432 m³ aus dem Tiefenbereich des Sees entfernt worden. Dieses entspricht der Entnahme von etwa 1000 m³ organischer Substanz, welche vor allem für die sauerstoffzehrenden Prozesse verantwortlich zu machen ist. An Stickstoffverbindungen sind 233 kg entzogen worden. Ähnlich sieht es bei dem stark belastenden Nährstoff Phosphor aus. Der See ist täglich von 5 kg bis zu 14 kg Phosphor (als Gesamtposphor durch HCL-Aufschluß aus der Asche bestimmt) entlastet worden. Das ergibt eine Gesamtsumme von 242 kg während der Maßnahme. Zusätzlich sind fast 10 kg Orthophosphat, welche im Sauggemisch gelöst waren mit entsorgt worden. Damit kann man für den See von einem Erfolg von insgesamt 250 kg Phosphorentnahme durch die Baggermaßnahme sprechen.

Weiterhin positiv ist zu verzeichnen, daß in der neu gebildeten Oberfläche, inklusive der Neuauflage von 30 cm Sediment, bei der Phosphorfraktionierung nach PSENNER, keine leicht bioverfügbaren Phosphate mehr nachweisbar sind. Allerdings ist an dieser Stelle Vorsicht vor zu hohen Erwartungen für die Zukunft geboten. Denn bis zu den Untersuchungen im November ist der Tiefenbereich des Sees noch nicht wieder mit Sauerstoff angereichert worden. Daher konnte noch keine Neuakkumulation von im See gelöstem Phosphor stattfinden und es ist abzusehen, daß dieser Prozeß mit der vollen Seedurchmischung eintreten wird. Auch haben die Vermessungen mit dem Echolot der Firma SOSO Jena gezeigt, das Nachrutschprozesse im See stattfinden. Daher bleibt es nicht ausgeschlossen, daß sich die bisher schon gefundene Neuauflage von 30 cm bis 40 cm noch weiter verstärken kann.

Aus diesen Erkenntnissen heraus ist zu erklären, daß eine weitere Seebeobachtung in dieser empfindlichen Phase der Umgestaltung unabdingbar ist. Dabei ist das Hauptaugenmerk auf eine Beobachtung des erweiterten Tiefenbereiches bis etwa 15 m Wassertiefe zu richten. Es sollte vor allem die Entwicklung der Phosphorverfügbarkeit in zeitlicher und räumlicher Verteilung genauer analysiert werden.

Auch ist eine Beobachtung der Entwicklung der Oberflächenschicht mit Hilfe der Echographie empfehlenswert. Dabei können Erkenntnisse über die Entwicklung der Oberfläche gewonnen werden, speziell ob eine weitere Auflage auf dem festeren Untergrund zu beobachten ist und ob eine Verfestigung des derzeit lockeren Bereiches stattfindet. Eine Verfestigung und damit Verdichtung des Materials ist insofern interessant, daß sich damit die Sedimentzwischenräume verändern. Gerade in diesem Refugium finden die Austauschprozesse zwischen dem Sediment und dem Freiwasser statt.

Zusammenfassung

Mit den reinen Seedaten und den Sedimentuntersuchungen nach der Saugmaßnahme wird gezeigt, daß:

- das Sediment im Schnitt um 1 m im Bereich <25 m abgesaugt wurde.
- es sich um eine nicht mehr ebene Oberfläche handelt.
- die entstandenen Löcher teilweise schon wieder von frischem oder resuspendiertem Material verfüllt wurden.
- es zu einer Auflage von etwa 30 cm Sediment gekommen ist.
- es sich eine neue Oberfläche gebildet hat, die sich hinsichtlich der Sedimentparameter nur wenig von denen der alten Oberfläche unterscheidet. Interessant sind hierbei die in der Fraktionierung nach PSENNER nicht mehr gefundenen leicht wasserlöslichen Fraktionen des Phosphors an der Sedimentoberfläche.
- im Wasserkörper vor allem am 17.05.1999 starke Abweichung zu bemerken sind. Es ist zu einer spürbaren Seston- und Nährstoffhöhung gekommen, die nur langsam im Jahresverlauf wieder ausgeglichen wurde.
- sich der Seezustand bisher zwar scheinbar (Sichttiefe gestiegen) verbessert hat, dieses aber durch Nährstoffwerte, Sestonwerte und insitu-Parameter, sowohl im Sediment als auch im Freiwasser nicht verifiziert werden kann.
- durchaus die Möglichkeit besteht, daß Verbesserungen durch die Maßnahme eingetreten sind, diese können aber momentan noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Es besteht das unbedingte Erfordernis, weitere Untersuchungen des Jahresganges vorzunehmen und vor allem die Sedimentoberfläche im zeitlichen und räumlichen Raster auf Veränderungen der Phosphorverfügbarkeit zu analysieren.

Mit der Restaurierung des Neustädter Sees im Frühjahr 1999 wurde, wie die Ergebnisse in den vorangegangenen Ausführungen gezeigt haben, eine für Mecklenburg-Vorpommern bisher noch nicht vorgenommene Maßnahme durchgeführt. Es wurden dabei erstaunliche Ergebnisse erzielt, die durch die Analysen im Jahr 1999 belegt werden. Es ist eine Sedimentschicht von 1 m entnommen worden, und dabei kam es zu einer Senkung der Phosphorlast an der Oberfläche um etwa 50 %.

Das leicht bioverfügbare Phosphat wurde im oberen Sedimentbereich eliminiert. Gleichzeitig wurde eine Sedimentneuaufgabe von etwa 30 cm dokumentiert.

Um die Wirkung der stattgefundenen Maßnahme auf den See zu analysieren ist es notwendig, weitergehende Untersuchungen in den nächsten Jahren durchzuführen. Es ist noch keine Wirkung auf den Wasserkörper gezeigt worden, die Schichtung des Sees hatte sich bis zum Ende der Analysetätigkeit 1999 noch nicht aufgehoben, und es wurden keine Untersuchungen zu den Sedimentbereichen außerhalb der 25 m Tiefenlinie vorgenommen. Auch ist mit der Untersuchung an diesem See dem Land Mecklenburg-Vorpommern die Chance gegeben, in Hinblick auf eine sehr bald in Kraft tretende EU-Wasserrahmenrichtlinie schon wirksam zu werden. Der See ist geeignet, um gesicherte Ableitungen von Referenzzuständen für gleichartige Seen zu geben. Er kann in diesem Sinne als Leitbild für einen restaurierten See, dessen Entwicklung zur Eutrophie unverkennbar ist, dienen.

Diese dafür notwendigen Untersuchungen und Analysen können durch die Universität Rostock mit folgendem streng wissenschaftlich angelegten Programm durchgeführt werden:

1. Wasseruntersuchungen zur allgemein limnologischen Charakterisierung im Jahresverlauf im 3 bis 4-wöchigen Abstand
2. Wasseruntersuchungen während der Phase der Seeinschichtung und auch der Auflösung der Sprungschicht im engen zeitlichem Raster
3. Sedimentoberflächenuntersuchungen an ausgewählten Punkten in der zeitlichen Folge, speziell im Hinblick auf die Bioverfügbarkeit des Phosphors
4. Sedimentkartierungen mit Hilfe der Echolottechnik der Firma SOSO Jena zur Analyse der Veränderungen der Oberflächenschicht, möglichst im Frühjahr und Spätherbst des Jahres 2000
5. Sedimentoberflächenkartierung durch Stechrohrproben im großräumigen Raster, auch außerhalb der 25 m Linie mit Untersuchungen zur Phosphat-Bioverfügbarkeit.

Literatur

ARCH.-HYDROBIOL., Suppl. 70, 111 -155.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR LIMNOLOGIE (DGL) - Tagungsbericht 1995 (Berlin), Krefeld 1996: 197-200.

GEWÄSSERGÜTEBERICHT 1995. Oberirdische Gewässer, Küstengewässer und Grundwasser.

HUPFER, M.; J. GELBRECHT; B. SCHARF und CHR. STEINBERG (1997). Konzeptionelle Ansätze zur Steuerung des Phosphathaushaltes von Seen durch interne Maßnahmen.

KEIL, U. (1994). Phosphat-Elimination zur Restaurierung eutrophierter Gewässer. Projektvorhaben Bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, in der Antragsphase(Az: 04734).

KRÜGER, O. W. und G. SCHLUNGBAUM (1996). Limnologische Untersuchungen am Neustädter See (Mecklenburg-Vorpommern) im Vorfeld einer Sanierung.

KWIATKOWSKI, B. und G. SCHLUNGBAUM (1996). Eine Möglichkeit zur Differenzierung der Sauerstoffzehrungsleistung von Sedimenten der Darß-Zingster Boddenkette mit Hilfe der ARAS-SensorBSB Technik.

MINISTERIUM FÜR BAU, LANDESENTWICKLUNG UND UMWELT MECKLENBURG-VORPOMMERN 1997.

- PSENNER, R; R. PUSCO und M. SAGER (1984). Die Fraktionierung organischer und anorganischer Phosphorverbindungen von Seesedimenten. - Versuch einer Definition ökologisch wichtiger Faktoren.
- ROSTOCK. MEERESBIOLOG. BEITR. 4: 47-56.
- ROSTOCKER MEERESBIOLOGISCHE BEITRÄGE/Universität Rostock, Fachbereich Biologie.- Rostock H.7. – 1999: 5-44.
- ROSTOCKER MEERESBIOLOGISCHE BEITRÄGE/Universität Rostock, Fachbereich Biologie.- Rostock H.7. – 1999: 45-64.
- SCHLUNGBAUM, G. (1999). Die EU-Rahmenrichtlinie für eine gemeinsame Wasserpolitik aus besonderer Sicht der Ökologie der Ästuare und Küstengewässer.
- SCHLUNGBAUM, G.; M. KRECH (1999). Klassifizierung und Bewertung von Seen - die Entwicklung vom Seentypensystem bis zur EU- Wasserrahmenrichtlinie.
- UMWELTMINISTERIUM 1993. Gütezustand der oberirdischen Gewässer und der Küstengewässer in Mecklenburg-Vorpommern, Gewässergütebericht 1992.
- UMWELTMINISTERIUM 1996. Gütezustand der oberirdischen Gewässer und der Küstengewässer und des Grundwassers in Mecklenburg-Vorpommern, Gewässergütebericht 1994.
- WASSER UND BODEN 49, 12: 8–13.

Verfasser

Dipl.-Biol. Olaf W. Krüger,
Prof. Dr. habil. Günter Schlungbaum
Universität Rostock
FB Biologie/Angewandte Ökologie
Freiligrathstraße 7/8
18051 Rostock