

Landeshauptstadt Magdeburg - Der Oberbürgermeister -		Datum 08.03.2018
Dezernat IV	Amt FB 40	Öffentlichkeitsstatus öffentlich

I N F O R M A T I O N

I0079/18

Beratung	Tag	Behandlung
Der Oberbürgermeister	27.03.2018	nicht öffentlich
Ausschuss für Bildung, Schule und Sport	17.04.2018	öffentlich
Ausschuss für Umwelt und Energie	17.04.2018	öffentlich
Gesundheits- und Sozialausschuss	18.04.2018	öffentlich
Stadtrat	03.05.2018	öffentlich

Thema: Sachstand Situation Wasserqualität Barleber See I und weitere Verfahrensweise

1. Vorbemerkungen

Der Barleber See I am nördlichen Stadtrand entstand durch den Abbau von Sand- und Kiesvorkommen in den Jahren 1928 bis 1938. 1954 begann die Aufforstung im Uferbereich des Sees. Als Erholungsgebiet und Strandbad wird der Barleber See I seit 1958 genutzt. Mit Beschluss vom 07.12.1964 (Beschl.-Nr. 118-28-64) des Rates des Bezirkes wurden u.a. die Landschaftsteile „Barlebener-Jerslebener See mit Elbniederung“ zu „Landschaftsschutzgebieten“ erklärt.

Der See umfasst eine Fläche von ca. 102 Hektar, fasst ein Volumen von 6,98 Mio. Kubikmetern. Er verfügt über keine direkten Zu- und Abflüsse. Die mittlere Tiefe beträgt 6,85 Meter, die maximale Tiefe beträgt 11 Meter (Vermessung vom 07.10.2003, Seebezugspegel <HN75>41,1).

Beginnend in den 1960er Jahren unterlag der Barleber See einer stetigen Eutrophierung (unerwünschte Zunahme von Nährstoffen in Gewässern). So stieg bspw. die Phosphorkonzentration im Wasser von unter 10 Mikrogramm pro Liter auf über 150 Mikrogramm pro Liter. Zur Senkung der Phosphorkonzentration wurden 1986 480 Tonnen Aluminiumsulfat in den See eingebracht, was zu einer erheblichen Verbesserung der Wasserqualität durch nachhaltige Reduktion der Phosphorkonzentration beigetragen hat, die den Zustand des Sees ca. 30 Jahre stabil gehalten hat.

Seit Sommer 2016 hat sich die Wasserqualität des Barleber See I wieder sprunghaft verschlechtert. Während ab Spätsommer 2016 insbesondere Eintrübungen durch Fadenalgen zu verzeichnen waren, gab es in der Badesaison 2017 längere Phasen mit Blaualgenbefall.

Insbesondere die akute Massenentwicklung von Blaualgen (Cyanobakterien) war der Anlass, dass die Stadt als Betreiber des Strandbades Barleber See Anfang August 2017 den Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft, Gewässerkundlicher Landesdienst (LHW GLD) und das UFZ Helmholtz Zentrum für Umweltforschung, Abteilung Seenforschung (UFZ) um Unterstützung gebeten hatte, um die Ursachen der sprunghaften Verschlechterung der Wasserqualität zu ermitteln.

Die im Folgenden dargestellten Messergebnisse und Bewertungen basieren auf der Vorlage erster schriftlicher Ergebnisse der hinzugezogenen Fachleute (Quellen: Bericht des UFZ zur „Entwicklung der Wasserqualität des Barleber Sees, Abschätzung der internen Nährstoffbelastung und Handlungsempfehlungen für Wassergüteverbesserungen“ vom 05.03.2018, Darstellung des LHW GLD „Barleber See I – Cyanobakterienblüte 2017 – Ausgewählte Untersuchungsergebnisse 1998-2017“ vom 27.02.2018, Gesprächsnotizen von Arbeitstreffen am 26.10.2017 und 27.02.2018).

Weitere Untersuchungen müssen erfolgen. Handlungsempfehlungen müssen bewertet und konkrete Maßnahmen abgeleitet werden. Die folgende Darstellung dient aus diesem Grund zunächst nur der Information zur derzeitigen Situation und geplanten weiteren Verfahrensweise.

2. Charakterisierung der Nährstoffbelastung des Barleber See I

Seit August 2017 wurden zusätzlich zu den sonstigen Messungen der Wasserqualität vom LHW GLD und vom UFZ Messungen zur Bestimmung von Nährstoffen und des Phytoplanktons, Sedimentbeprobungen und Feldmessungen zur Bestimmung der Parameter Sichttiefe, Sauerstoffgehalt, Sauerstoffsättigung, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit und Wassertemperatur durchgeführt.

Zum Zeitpunkt des 09.08.2017, als die Cyanobakterien verstärkt im Badebereich anzutreffen waren, lag an der Freiwassermessstelle des LHW GLD bspw. eine massive Sauerstoffübersättigung von 183 %, ein hoher pH-Wert von 9,2 sowie eine Sichttiefe von nur 0,80 m bei hellgrüner Färbung des Gewässers vor, was charakteristisch für einen hocheutrophen Zustand des Sees war. Obwohl am 15.08.2017 die hell- bis blaugrünen Cyanobakterien-Aufräumungen im Strandbadbereich nicht mehr anzutreffen waren und die Sichttiefe sich auf 0,90 m verbesserte, wurden immer noch eine Sauerstoffübersättigung von 160 % und ein pH-Wert von 9,1 gemessen.

In der mikroskopischen Analyse zeigte sich, dass insgesamt 5 verschiedene Cyanobakterien nachgewiesen wurden, wobei am häufigsten die *Anabaena flos-aquae* vorkam. Diese dominante Blaualgenart kann Luftstickstoff als Stickstoffquelle nutzen und bei guter Phosphorversorgung sehr hohe Mengen bilden. Diese Blaualgenart kann das toxikologisch relevante Anatoxin A bilden, welches in hohen Konzentrationen für Badegäste, im Flachwasser spielende Kinder, aber auch Wasservögel, Hunde o. a. gefährlich werden könnte. In der Messung am 15.08.2017 wurde kein Toxin nachgewiesen.

Ursache für das Vorkommen von Blaualgen ist der hohe Nährstoffgehalt des Gewässers, wobei hier insbesondere der **Gehalt an (reaktivem algenverfügbarem) gelöstem Phosphor (SRP)** und **Gesamt-Phosphor (TP)** sowie der **anorganische Stickstoff (DIN)** als Indikatoren herangezogen werden.

Die folgende Tabelle (Quelle: LHW GLD) vergleicht den Nährstoffgehalt zur Frühjahrsvollzirkulation **in Mikrogramm pro Liter** der Jahre 2001-2017:

Jahr	2001	2002	2003	2004	2005	2008	2010	2013	2014	2016	2017
SRP	7	2,5	25	20	5	2,5	2,5	8	2,5	43	171
TP	13	52	33	59	20	40	40	40	30	60	200
DIN	40	50	40	59	50	65	65	65	50	50	350

Die Tabelle zeigt deutlich den sprunghaften Anstieg im Jahr 2017 auf Werte, die über den in 1986 gemessenen Werten liegen.

Die folgende Tabelle (Quelle: LHW GLD) vergleicht den Nährstoffgehalt **im Tiefenwasser (0,5 m über Grund bei 10,4 m Wassertiefe)** von 2001-2017:

Jahr	2001	2002	2003	2004	2005	2008	2010	2013	2014	2016	2017
SRP in µg/l	12	240	15	11	160	28	21	32	23	1070	1732
TP in µg/l	50	300	50	40	220	100	50	90	70	1150	2170
O2 in mg/l	0,3	0,1	9,8	9,7	0,2	0,3	5,1	10,6	7,7	0,2	0,4
O2 in %	3	1	107	103	2	3	53	101	80	2	4

SRP=algenverfügbare gelöster Phosphor TP=Gesamt-Phosphor O2=Sauerstoff

Blau Sauerstoffübersättigung im Tiefenwasser durch die sedimentbedeckende Gelbgrünalge *Vaucheria sp.*

Gelb erhöhte Phosphor-Konzentration im Tiefenwasser (leichte Phosphor-Rücklösungen aus dem Sediment)

Rot extrem hohe Phosphor-Konzentration im Tiefenwasser (starke Phosphorrücklösungen) bzw. akutes Sauerstoffdefizit im Tiefenwasser

Da die hohen Phosphor-Konzentrationen sowie deren deutlicher Anstieg mit zunehmender Tiefe ein Hinweis auf massive Phosphor-Rücklösungen aus dem Sedimentkörper im Barleber See I sind, wurden im Auftrag der Stadt weitere Sedimentuntersuchungen seitens des UFZ vorgenommen.

Bei der am 09.08.2017, also zum Zeitpunkt der massiven Cyanobakterien-Entwicklung, vorgenommenen Messung zeigte sich, dass der für eine Eutrophierung (unerwünschte Nährstoffzunahme in Gewässern) relevante Nährstoff Phosphor, auch als Schlüsselement für das Wachstum von Planktonalgen bezeichnet, mit zunehmender Tiefe erheblich anstieg (über dem Grund des Sees über 2.000 Mikrogramm pro Liter und damit fast 8x so hoch wie an der Gewässeroberfläche). Das ist entsprechend des Gutachtens des UFZ ein typisches Zeichen für eine hohe Phosphorrücklösung aus dem Sediment. Typische Begleiterscheinungen dieser Phosphorrücklösungen aus dem Sediment sind durch das UFZ und den LHW bei den Messungen festgestellte anoxische Verhältnisse im Tiefenwasser und kaum nachweisbare Nitratmengen.

Im Ergebnis der Sedimentuntersuchungen des UFZ mit Messungen und Entnahmen von Sedimentkernen am 15.08.2017, 20.11.2017 und 08.01.2018 sowie Laboranalysen und Untersuchungsmethoden nach wissenschaftlichen Standards wird festgestellt, dass der Barleber See „... eindeutige Kennzeichen einer starken internen Belastung“ zeigt. Über das Sediment wurden hochgerechnet im Jahr 2017 rund 2,5 Tonnen Phosphor in das Freiwasser eingetragen.

Mit den gemessenen Phosphorkonzentrationen hat sich der Barleber See in kürzester Zeit wieder zu einem hoch eutrophen Gewässer entwickelt, welches das Auftreten von Cyanobakterien-Massenentwicklungen fördert. Es wird eingeschätzt, dass die Bindungsqualität des 1986 eingebrachten Aluminiumsulfats (Überschussfällung) offensichtlich erschöpft ist, wobei die durch den Aluminiumsulfat-Eintrag nachweisliche Senkung des Phosphorgehaltes in den Jahren 1987 bis 2014 (für 2015 liegen keine Werte vor) auch im internationalen Vergleich als nachhaltige (ca. 30 Jahre) und damit wirkungsvolle Restaurierungsmaßnahme bezeichnet wird.

Bei den Untersuchungen des LHW GLD wurde auch festgestellt, dass in der Vegetationsperiode (Saison) des Jahres 2017 submerse Makrophyten (mit bloßem Auge erkennbare, im Wasser lebende Pflanzen) am Seeboden ausgesprochen spärlich vorkamen, also insgesamt eine sehr geringe Seebodenbedeckung mit Pflanzen vorzufinden ist. In den Jahren 2010, 2014 und auch noch in 2016 durchgeführte Tauchkartierungen der Makrophytenbestände im Barleber See I zeigten dagegen noch einen sehr guten, flächenbedeckenden Bewuchs des Seebodens. Dies ist insofern bedenklich, da die Seebodenbedeckung mit Makrophyten und deren Sauerstoffabgabe ins Wasser die Phosphorrücklösung aus dem Sediment begrenzt. Darüber hinaus produzieren diese Makrophyten algenhemmende Stoffe, die sie an das Umgebungswasser abgeben. Art, Menge und Größe des Fischbestandes können eine Ursache für diese Entwicklung sein und müssen im weiteren Verlauf näher untersucht werden.

So zeigte die Tauchkartierung im Barleber See I im Sommer 2010 in vielen Bereichen der Tiefenregion deutliche Vegetationsschäden durch Gründeltätigkeiten großer, benthivorer Cyprinidenarten, wie Karpfen und Brassen. Durch die Wühltätigkeit dieser Fischarten bei der Nahrungsaufnahme aus dem Sediment wird je nach Populationsdichte dieser Fischarten unter Umständen Phosphor in Größenordnungen aus dem Sediment in das Freiwasser befördert, wo er dann ein intensives Wachstum von Planktonalgen auslösen kann. In der Literatur wird diese Form der seeinternen Phosphorbelastung als Ichthyoeutrophierung beschrieben.

3. Einschätzungen zur weiteren Entwicklung der Wasserqualität des Barleber See I

Aufgrund der Phosphorfällung durch eine Überschussgabe an Aluminiumsulfat im Jahr 1986, bei der sich eine einige Millimeter starke Sperrschicht auf dem Sedimentboden bildete, hatte der Barleber See I über viele Jahre eine sehr gute Wasserqualität mit hohen Sichttiefen, einer Sedimentabdeckung mit submersen Makrophyten und damit begrenzter Rücklösung aus dem Sediment.

Mit der Frühjahrsvollzirkulation 2016 zeigte sich erstmals eine Zunahme des Gesamt-Phosphors auf 60 Mikrogramm pro Liter, die sich bis zum Oktober 2016 auf 290 Mikrogramm pro Liter steigerte. Mit diesem sprunghaft und zum Ende der Vegetationsphase sehr ungewöhnlich hohem Wert zur Herbstzirkulation 2016 wurde die Ausgangsbasis für einen sehr hohen Startwert zur Frühjahrsvollzirkulation 2017 mit 200 Mikrogramm pro Liter geschaffen.

Somit hat sich der Barleber See I in kürzester Zeit mit einem rasanten Sprung vom mesotrophen Zustand (2014) über den eutrophen Zustand (2016) in den polytrophen Zustand (2017) entwickelt.

Die folgende Tabelle (Quelle: LHW GLD) zeigt die Trophie-Klassifikation nach LAWA (1999/2014):

Jahr	2001	2002	2003	2004	2005	2008	2010	2013	2014	2016	2017
Trophie-Index	2,30	2,10	2,70	2,10	2,10	2,10	2,33	2,17	2,03	2,53	4,65
Trophie-grad	m	m	e1	m	m	m	m2	m2	m2	e1	p1

Legende für 8 Trophiegrade:

o - oligotroph, m 1 – mesotroph 1, m 2 - mesotroph 2, e 1 - eutroph 1, e 2 - eutroph 2, p 1 - polytroph 1, p 2 - polytroph 2, h - hypertroph

Mit der Bewertung der Biokomponente „Phytoplankton“ durch den LHW GLD nach Vorgabe der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) mit dem Verfahren „PhytoSee“ wurde die spürbare Verschlechterung der Wasserqualität des Barleber See I von dem Bewertungsergebnis „sehr gut“ (2014) über immer noch „gut“ (2016) bis hin zum gleich um 2 Stufen schlechteren Bewertungsergebnis des Jahres 2017 mit „unbefriedigend“ belegt.

Die folgende Tabelle zeigt die PhytoSee-Bewertungen ausgewählter Parameter der Jahre 2014 – 2017 nach dem Verfahren PhytoSee 6.0 (09.01.2015) – Quelle LHW GLD:

Seetyp: künstliche und erheblich veränderte Tieflandseen, calciumreich, relativ kleines Einzugsgebiet, Volumenquotient (Einzugsgebiet km²/Gewässervol. Mio. m³), VQ <= 1,5, Schichtungsverhalten polymiktisch

LAWA See Typ	Typ_Nr	Jahr	PSI Phyto-See-Index	N Indikator taxa	Gesamtbiovolumen in mm ³ /l	Chla µg/l	Maximum Chla µg/l	TP µg/l	MW_SD (Sichttiefe)
14PP 14k	14k	2014	1,38 sehr gut	5	1,68	5,3	20	37	5,3
14PP 14k	14k	2016	1,84 gut	7	4,18	8,2	38	122	5,3
14PP 14k	14k	2017	3,57 unbefried.	5	10,33	26,3	46	270	2,1

Zielsetzung der EU-WRRL ist es, im derzeitigen Bewirtschaftungszeitraum 2016-2021 in natürlichen Gewässern bzw. Oberflächenwasserkörpern (OKW) den „guten Zustand“ bzw. in künstlichen oder erheblich veränderten OKW das „gute ökologische und chemische Potential“ zu erreichen. Von dieser Zielsetzung der EU-WRRL ist der Barleber See I infolge der erheblichen Verschlechterung der Wasserbeschaffenheit und der daraus resultierenden Bewertung „unbefriedigend“ nunmehr weit entfernt. Aus dieser Situation heraus sollte das Verbesserungsgebot und damit eine Förderung gemäß der EU-WRRL greifen.

Mit der fehlenden Unterwasservegetation und damit unbedeckten Sedimenten und den extrem angestiegenen Werten des Gesamt-Phosphors bei der grundnahen Wasserprobe am 09.08.2017 auf 2.170 Mikrogramm pro Liter ohne Sauerstoffgehalt ist der Barleber See I umgangssprachlich in den polytrophen Zustand „gekipppt“. Weil der im Sediment gespeicherte, größtenteils algenverfügbare Phosphor in kurzer Zeit massiv in das Wasser gelangte, ist es nach Auffassung der beteiligten Fachleute des LHW GLD und des UFZ mit hoher Wahrscheinlichkeit aussichtslos, dass der Barleber See I ohne Restaurierungsmaßnahmen wieder in den mesotrophen Zustand mit guter Badewasserqualität zurückkommt. Der Barleber See I bleibt somit zunächst äußerst anfällig für Algenblüten.

Zitat Untersuchungsbericht UFZ (S. 23):

„Nach jetzigem Kenntnisstand wird sich der Zustand des Barleber See im Jahr 2017 auch in den Folgejahren einstellen. Die gegenwärtigen Gewässernutzungen (Freizeitnutzung und Badebetrieb) werden hierdurch in Zukunft nur mit großen Einschränkungen möglich sein. Eine Umkehrung dieser Entwicklung bedarf einer erheblichen Senkung des Phosphorgehaltes im Freiwasser bzw. einer signifikanten Reduktion der internen Belastung.“

Ziel des anzuwendenden Restaurierungsverfahrens für den Barleber See I sollte eine Rückführung des Sees vom Trophiegrad „polytroph 1“ auf „mesotroph 2“ in ein makrophytenreiches Gewässer sowie hinsichtlich des Bewertungsergebnisses der Biokomponente „Phytoplankton“ von „unbefriedigend“ auf „gut“ sein.

4. Handlungsoptionen und Empfehlungen zur weiteren Verfahrensweise

Seitens des LHW GLD und des UFZ wird eingeschätzt, dass zur Aufrechterhaltung der Funktion des Barleber See I als Badegewässer eine effektive und nachhaltige Strategie entwickelt werden muss.

Handlungsoptionen und Empfehlungen des UFZ werden dabei auf Grund der benötigten Zeit der Planung und Umsetzung der Maßnahmen in „kurzfristig“, „mittelfristig“ und „langfristig“ unterteilt.

Kurzfristige Handlungsoptionen/Empfehlungen

Da kurzfristig, bspw. in der Sommersaison 2018, wieder mit Massenentwicklungen von Cyanobakterien gerechnet werden muss, müssen Strategien entwickelt werden, die die Aufrechterhaltung des Badebetriebes mit geringen Risiken sicherstellen.

Folgende Empfehlungen für die kurzfristige Bewirtschaftung werden gegeben:

- Information der Badegäste zur Situation und insbesondere zur Möglichkeit der Massenentwicklung von Cyanobakterien (Schilder, Aushänge, Internet, Presse, Radio)
- Aufstellung ausreichender Duschkmöglichkeiten zur Reinigung der Badenden nach dem Baden im See
- Etablierung eines Monitorings der Blaualgentoxine und Aussprechen kurzzeitiger Badeverbote bei kritisch erhöhten Konzentrationen
- Handlungsempfehlung für das Aussprechen von Badeverboten entsprechend „Empfehlung zum Schutz von Badenden vor Cyanobakterien-Toxinen“ (Bundesgesundheitsblatt 2015 - 58:908-920)

Aufgrund der sich jetzt schon mit hoher Wahrscheinlichkeit abzeichnenden, ungünstigen Prognose für den Barleber See I, die das hohe Trophieniveau als stabil beschreibt und davon ausgeht, dass der See ohne Restaurierungsmaßnahmen nicht wieder in den mesotrophen Zustand gelangen kann, ist für die kommende Badesaison 2018 erneut mit einer schlechten Badewasserqualität des Sees infolge erneuter Massenentwicklungen von Cyanobakterien zu rechnen.

In der Diskussion mit den Fachleuten wurde sich konkret darauf verständigt, dass für die Saison 2018 bis zur Umsetzung weiterer Maßnahmen Mitarbeiter des Strandbades eingewiesen werden, um Sichttiefen zu analysieren oder Wasserproben zu nehmen. LHW GLD und UFZ haben sich bereit erklärt, bei kritischen Wasserbedingungen zeitnah Proben zu analysieren. Darüber hinaus wird es einen Maßnahmenplan geben, mit welcher Informations- und Entscheidungskette dann das Gesundheitsamt kurzzeitige Badeverbote aussprechen und wie die Bevölkerung schnell informiert wird.

Dies erfolgt entsprechend der Empfehlung des Bundesgesundheitsblattes 2015 – 58: S. 915 nach folgendem Schema:

Stufe	Einschätzung durch visuelle Prüfung (Vor-Ort und Mikroskopie)	Maßnahmen	Alternative und/oder ergänzende Einschätzung durch Analysen
1. Erhöhte Aufmerksamkeit	Trübung mit Sichttiefe < 2 m und Vorkommen von <i>Cyanobakterien</i>	Überwachungshäufigkeit während der Badesaison ggf. verdichten; Allgemeine Aufklärung und Information über dieses Badegewässer	> 1 mm ³ /L <i>Cyanobakterien</i> -BV oder > 5 µg/L <i>Cyanobakterien</i> -Cbl.a*
2. Warnstufe	Schlieren durch <i>Cyanobakterien</i> , jedoch keine geschlossene Schicht <i>aufgehämter Cyanobakterien</i> oder keine Schlieren, aber grünlige Trübung durch <i>Cyanobakterien</i> mit Sichttiefe < 1 m	Warnhinweise (Wirkung von <i>Cyanobakterien</i> , Verhaltenshinweise) für Badende (insb. Kleinkinder) und wassersporttreibende Personen veröffentlichen	> 3 mm ³ /L <i>Cyanobakterien</i> -BV oder > 15 µg/L <i>Cyanobakterien</i> -Cbl.a*
3. Alarmstufe	Große Bereiche mit geschlossener Schicht <i>aufgehämter Cyanobakterien</i> ("Teppich") oder ausgeprägte grüne Trübung durch <i>Cyanobakterien</i> mit Sichttiefe < 0,5 m	Warnhinweise (Wirkung von <i>Cyanobakterien</i> , Verhaltenshinweise) für Badende (insb. Kleinkinder) und wassersporttreibende Personen veröffentlichen; Ggf. vorübergehendes Badeverbot bzw. Sperren**	> 15 mm ³ /L <i>Cyanobakterien</i> -BV oder > 75 µg/L <i>Cyanobakterien</i> -Cbl.a*

Abb. 1 9 Überwachungsschema für Bade- und Freizeitgewässer mit erhöhtem Potenzial für *Cyanobakterien*-Massenentwicklungen. Anmerkung: Eine Ergänzung der visuellen Prüfung durch Analysen erhöht die Belastbarkeit der Bewertung; Entscheidungen sind jedoch bereits auf der Grundlage der visuellen Prüfung möglich. *Dieser Wert gilt sowohl für direkt vor Ort bestimmte *Cyanobakterien*-Cbl.a Werte (mittels *in situ* Fluorometrie) als auch für nasschemische Bestimmungen bei ausgeprägter *Cyanobakterien*dominanz (die durch mikroskopische Untersuchung festgestellt wird). **Ausnahme: Wenn *Microcystin* bzw. *Nodularin* < 30 µg/L gelten hinsichtlich der Gefahren durch *Cyanobakterien* die Maßnahmen der Warnstufe; der Wert von 30 µg/L kann auch für die anderen *Cyanobakterien*-Toxine herangezogen werden

Mittelfristige Handlungsoptionen/Empfehlungen

Zur nachhaltigen Verbesserung der Wasserqualität ist eine deutliche Senkung des Phosphorgehaltes im Barleber See I dringend erforderlich. Da das natürliche Selbstreinigungssystem des Sees auf Grund der ermittelten hohen Phosphorkonzentrationen überlastet ist, ist nach Auffassung der Fachleute von LHW GLD und UFZ ein steuernder Eingriff zur Senkung der internen Belastung erforderlich.

Nachfolgende Maßnahmen werden im Untersuchungsbericht des UFZ (Tabelle 9, S.24) beschrieben:

Tabelle 9: Unterschiedliche Verfahren zur Wassergüteverbesserung im Barleber See mit Vor- und Nachteilen der einzelnen Maßnahmen. Bei den Fällungs-basierten Verfahren wurden lediglich die häufig verwendeten Fällmittel Eisen, Aluminium und Benthophos adressiert und auf die Vorstellung weiterer Fällmittel verzichtet.

Maßnahme	Vorteile	Nachteile
Sedimentberäumung durch Ausbaggern	Belastete Sedimente sind vollständig zu entfernen	Entsorgung des Baggerguts problematisch, extrem hohe Kosten
Sauerstoffeintrag in das Tiefenwasser durch Belüftung mit Luft	Unterbindung der reduktiven P-Mobilisierung, positive Wirkung des Sauerstoff auf Biota	Anwendung jedes Jahr notwendig (laufende Kosten), geringe Nachhaltigkeit und Destratifikation des Gewässers
Sauerstoffeintrag in das Tiefenwasser durch Belüftung mit Reinsauerstoff	Siehe oberen Punkt	Siehe oberen Punkt, aber höhere laufende Kosten und dafür keine Destratifikation
Phosphorfällung mit Eisensalzen	Entfernung des Phosphors aus der Wassersäule, billiges Fällmittel	Gebundener Phosphor ist weiterhin reduktiv lösbar; im Barleber See daher nicht effektiv
Phosphorfällung mit Aluminiumsalzen (PAC, Aluminiumsulfat)	Entfernung des Phosphors aus der Wassersäule und gesteigerte Phosphorbindekapazität des Sedimentes, Phosphor nicht reduktiv lösbar, moderater Preis	Eintrag von Aluminium in das Gewässer, Senkung des pH-Wertes (beides im Barleber See nicht problematisch)
Phosphorfällung mit Lanthan-haltigen Tonmineralen (Benthophos, Phoslock)	Entfernung des Phosphors aus der Wassersäule und gesteigerte Phosphorbindekapazität des Sedimentes, Phosphor nicht reduktiv lösbar,	Eintrag von Lanthan, Phosphorbinde-Kapazität schlechter als bei Aluminium (Gibbs et al 2011; Lopata et al 2007), hoher Fällmittelbedarf, hoher Preis des Fällmittel
Elimination von Cyanobakterien durch Ultraschall	Massnahme ohne Chemikalieneintrag	Hohe Energiebedarf, Anwendung für <i>Anabaena</i> nicht getestet, Bekämpfung von Symptomen anstelle von Ursachen

Als bevorzugtes Verfahren schlagen die Fachleute von UFZ und LHW GLD einvernehmlich eine Überschuss-Phosphorfällung mittels Aluminiumsalzen vor (analog der bereits 1986 mit Langzeitwirkung erfolgreich vorgenommenen Restaurierungsmaßnahme), da diese sowohl zum Entfernen des gelösten Phosphors aus dem Freiwasser als auch zur Abdeckung des Sedimentes geeignet ist.

Bei fachlich korrekter Anwendung und weil bei Vorexperimenten mit Wasser des Barleber Sees bereits festgestellt wurde, dass eine kritische pH-Wertabsenkung nicht zu erwarten ist, wird das Ausbringen von Aluminiumsalzen aus Sicht des Umweltschutzes, vorbehaltlich einer ggf. noch einzuholenden Umweltverträglichkeitsprüfung, als unbedenklich angesehen.

Zitat Untersuchungsbericht UFZ (S. 25):

„Aluminium ist nach Sauerstoff und Silizium das dritthäufigste Element der Erdkruste und damit das häufigste Metall in unserer Umwelt. Aluminium ist Bestandteil von Tonmineralen und somit im Boden und Sedimenten ubiquitär verbreitet. In der wasserwirtschaftlichen Praxis kommen Aluminiumsalze auch bei der Trinkwasseraufbereitung und bei der Abwasserreinigung zum Einsatz. Frei gelöstes Aluminium (Al^{3+}) ist zwar toxisch und beispielsweise in der Trinkwasserverordnung mit einem Grenzwert versehen ($0,2 \text{ mg L}^{-1}$), kommt aber in dieser Form im Gewässer unter normalen pH-Bedingungen ($pH 5 \dots 8$) nicht vor. Das im Rahmen einer Sanierung in den See eingebrachte Aluminium bildet im Wasser sofort das nahezu unlösliche Aluminiumhydroxid und fällt aus. Dieses weiße Ausfällungsprodukt bildet im Wasser Flocken, die sich innerhalb weniger Stunden bis Tage auf den Seegrund absetzen und hierbei die gewünschte adsorptive Wirkung entfalten. Aluminiumhydroxid ist ein hocheffektives Adsorptionsmittel für Phosphor und wird daher als solches in der Seensanierung und der Abwasserreinigung eingesetzt.“

Obwohl mit dem Untersuchungsbericht keine konkreten Kosten ermittelt wurden, wird das Verfahren auch in Bezug auf Kosten und Nachhaltigkeit im Vergleich zu anderen Methoden bevorzugt eingeschätzt.

Die Verwaltung wird weitere Abstimmungen, insbesondere auch mit dem Land bezüglich Umweltverträglichkeit und Auflagen des Gewässerschutzes, aber auch möglicher Förderungen im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie, treffen. Auch hierfür haben die Experten von UFZ und LHW GLD erfreulicherweise ihre weitere Zusammenarbeit angeboten. In der Folge müssen dann konkrete Planungen zur Durchführung und Erfolgskontrolle erfolgen sowie Kostenangebote eingeholt werden, um dem Stadtrat einen Entscheidungsvorschlag zur Beschlussfassung zu unterbreiten.

Bei Entscheidung für eine Fällung ist der günstigste Zeitpunkt Spätherbst oder zeitiges Frühjahr. Vorbehaltlich noch weiterführender Untersuchungen zur Sicherung der Wirksamkeit der Maßnahme (Gutachten zur Art und Weise der Ausbringung und zur Menge des Fällmittels), Planung der Maßnahme, Genehmigungen, Bereitstellung finanzieller Mittel und Ausschreibung ist es das Ziel der Verwaltung, schnellstmöglich - im besten Fall schon in der Badesaison 2019 - die Wasserqualität am Barleber See I zu verbessern.

Langfristige Handlungsoptionen/Empfehlungen

Langfristig muss die Gewässerbewirtschaftung so erfolgen, dass der restaurierte, gute Gewässerzustand unterstützt wird.

Hierzu ist dringend die Ausbildung einer Makrophytendecke am Gewässerboden (Wasserpflanzen) zu unterstützen, die das Sediment bedeckt und damit vor Phosphoraustritten schützt und darüber hinaus Nährstoffe in der eigenen Biomasse bindet und Sauerstoff produziert.

Damit einhergehen muss eine, die Wasserqualität fördernde Fischartengemeinschaft am Barleber See erreicht und eine langfristige Besatzstrategie entwickelt werden. Dringend erforderlich sind zur Strategieentwicklung hierbei Wasserpflanzen- und Fischbestandsuntersuchungen, Auswertung von Fischbesatzmaßnahmen sowie Fangstatistiken des zuständigen Anglervereins, ggf. gezielte Entnahme unerwünschter Fischarten, wie Blei oder Karpfen sowie ggf. Besatz mit Raubfischen, wie Hecht und Zander.

Im Sinne einer langfristig wirkenden Restaurierungsmaßnahme ist es sinnvoll, eine Quantifizierung aller möglichen Phosphoreinträge in den See zu erarbeiten. Hierbei sind Einträge über das Grundwasser oder auch mögliche Altlasten aus dem Siedlungswasserbereich (bspw. alte Sickergruben) von Interesse und sollten genauer untersucht werden.

Prof. Puhle