

Sanierungs- und Restaurierungskonzept Stadtparkteich Burgdorf



Auftraggeber	Stadt Burgdorf Tiefbauabteilung Vor dem Hannoverschen Tor 27 31303 Burgdorf
Planung	Polyplan GmbH Überseetor 14 28217 Bremen
Bearbeiter	Hannes Kurzreuther
Stand	19.09.2016

Inhalt

1	Veranlassung.....	4
2	Aktuelle Nutzung.....	4
3	Gesamteindruck.....	4
4	Morphometrie und Klassifizierung.....	4
5	Ufersituation.....	6
6	Zu- und Abläufe.....	6
7	Probennahmestellen.....	9
8	Limnologie.....	10
8.1	Probennahme.....	10
8.2	Physikalisch und chemisch Parameter.....	11
8.2.1	Gewässergüteklassifizierung Zufluss.....	11
8.2.2	Trophie Stadtparkteich.....	12
8.2.3	Limitierender Nährstoff.....	13
8.2.4	Zusammenfassende Bewertung der physikalischen und chemischen Parameter.....	14
8.3	Flora.....	15
8.4	Fauna.....	17
9	Sediment.....	17
9.1	Probennahme.....	17
9.2	Sedimentdicke und Sedimentqualität.....	17
9.3	Sequentielle Phosphoranalyse.....	18
10	Lineares Phosphor Bilanz Modell.....	20
11	Gesamtbewertung.....	22
12	Maßnahmen.....	22
12.1	Grundlegendes.....	22
12.2	Entschlammung.....	22
12.3	Sonstige Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität.....	23
12.4	Präventive Maßnahmen.....	24
12.4.1	Monitoring.....	24
12.4.2	Uferaufwertung.....	25
13	Literatur.....	26
14	Anhang.....	27
14.1	Evaporationsberechnung und Wasserbilanz.....	27
14.2	Laboranalyse Teichwasser.....	28
14.3	Sequentielle Phosphoranalyse.....	30
14.4	P-Bilanzmodell.....	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Morphometrie.....	5
Tabelle 2 Zuflussberechnung	8
Tabelle 3 Ergebnisse der Wasserproben, Probennahmetermin : 20.07.2016 (vgl. Kap. 14.2)	11
Tabelle 4 Sondenmesswerte (χ =Messfehler)	11
Tabelle 5 Gewässergüteklassen	12
Tabelle 6 Gewässergüte Zufluss Stadtparkteich.....	12
Tabelle 7 Limitierender Nährstoff gemäß Redfield Ratio	14
Tabelle 8 Limitierender Nährstoff gemäß Nitrolimit (2013).....	14
Tabelle 9 Phosphor-Fraktionen	19
Tabelle 10 Sequentielle Phosphor Analyse (vgl. Kap. 14.3)	20
Tabelle 11 Entwurf: Probennahmeplan Stadtparkteich Burgdorf	24
Tabelle 12 Kostenschätzung Wasseruntersuchungen/Jahr.....	24
Tabelle 13 Kostenschätzung Uferbepflanzung.....	25
Tabelle 14 Evaporationsberechnung nach Penmann (DVWK 1997) auf Grundlage lokaler Wetterdaten und Wasserbilanzberechnungen Stadtparkteich Brugdorf	27
Tabelle 15 Phosphor-Bilanzmodell	33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Tiefenkarte Stadtparkteich Burgdorf (Befahrungslinien und Messpunkte)	5
Abbildung 2 Uferbefestigung im westlichen Bereich.....	6
Abbildung 3 Niederschlag, Evaporation (berechnet nach Penmann [vgl.DVWK 1997]) und Niederschlag und Zuflüsse aus dem angrenzenden Einzugsgebiet (Berechnung: vgl. Tabelle 14) ..	7
Abbildung 4 Volumenmessung mittels Uranin im Zufluss	8
Abbildung 5 Niederschlag, Evaporation (berechnet nach Penmann [vgl.DVWK 1997]) und geschätzter Zufluss aus dem Bach (logarithmische Skalierung) (Berechnung: vgl. Tabelle 14).....	9
Abbildung 6 Messpunkte.....	10
Abbildung 7 Multisonde Hydrolab MS5, Secchi Scheibe.....	10
Abbildung 8 Zone mit Bewuchs von submersen Makrophyten und Fadenalgen.....	16
Abbildung 9 Beschatter Bereich ohne submersen Bewuchs und ohne Fadenalgen	16
Abbildung 10 Ähriges Tausendblatt (<i>Myriophyllum spicatum</i>) und Fadenalgen. Die Pflanzen dienen als Schutzraum für zahllose Jungfischschwärme (oben rechts). Leichte Eintrübung durch Huminstoffe.	16
Abbildung 11 Sedimentprobenstecher	17
Abbildung 12 Sedimentdicke: Abfluss (19 cm), MP1 (28 cm), MP2 (22cm), Zufluss (22cm)	18
Abbildung 13 Phosphor-Bilanzmodell (Rohdaten).....	21

1 Veranlassung

1999 wurde der Stadtparkteich in Burgdorf entschlammt. (...) Anhand geeigneter Untersuchungen soll die biologische Situation des Teichs festgestellt werden. Ziel ist es, eine Aussage treffen zu können, ob eine erneute Entschlammung zeitnah erforderlich ist oder der Teich auch mit anderen Maßnahmen als stabiler Lebensraum für Pflanzen und Tiere erhalten bzw. wiederhergestellt werden kann. Dies soll auch die Ufersituation mit einbeziehen.

Die beschriebenen Maßnahmen sind mit Kosten zu hinterlegen. Dies soll möglichst zeitnah durchgeführt werden, um für 2017 die erforderlichen Haushaltsmittel einstellen zu können.¹

2 Aktuelle Nutzung

Der Stadtparkteich dient aktuell zwei Nutzungsansprüchen. Zum einen dient er als Erholungsgewässer für Besucher des Stadtparkes und zum anderen wird er, vom Sportfischereiverein Burgdorf e.V., als Karpfen-Anzuchtgewässer genutzt. Der letzte Besatz fand, nach Aussage des Vereinsvorsitzenden Wolfgang Grapentin, 2014 statt. Abfischungen finden in der Regel alle zwei bis drei Jahre statt. Zugefüttert wird nicht.

3 Gesamteindruck

Der Stadtparkteich wird an allen Uferseiten von Gehwegen und Bäumen umrandet. Auf den ersten Blick fallen eine leichte Einfärbung des Wassers, Wasserpflanzen, Algenbildung in der Mitte des Teiches und Laubeinträge auf der Wasseroberfläche auf. Bei einer genaueren Beobachtung der Wasseroberfläche fällt die ungewöhnlich hohe Anzahl an Jungfischen auf, die sich im Uferbereich und zwischen den Wasserpflanzen in der Mitte des Teiches tummeln.

4 Morphometrie und Klassifizierung

Auf Grundlage der morphometrischen Daten lässt sich aus der maximalen Länge, Tiefe und Breite eines Sees oder Teiches der sogenannte Tiefengradient (F – Wert) bestimmen (vgl. LAWA 1999). Dieser besagt, ob ein Gewässer während der Sommermonate eine Stratifikation (Schichtung) aufweist. Da $F < 1.5$ ist, ist im Stadtparkteich keine Schichtungen zu erwarten. Somit lässt sich der Teich auf Grundlage seiner Morphometrie als polymiktischer (mehrfach durchmischter) Flachwasserteich klassifizieren.

In der folgenden Tabelle sind die morphometrischen Daten des Stadtparkteichs zusammenfassend dargestellt.

¹ Stadt Burgdorf – Tiefbauabteilung (2016) Leistungsbild Sanierungskonzept Stadtparkteich Burgdorf

Tabelle 1 Morphometrie

Parameter	Abk.	Wert	Einheit
Wasserfläche	$A_{\text{Seebf.}}$	7.014	m ²
Effektive Länge	L_{eff}	0,13	km
Effektive Breite	B_{eff}	0,07	km
Effektive Achsenlänge	D_a	0,10	km
Maximale Tiefe	Z_{max}	1,20	m
Mittlere Tiefe	Z_{rn}	0,90	m
Seevolumen	V_{See}	6313	m ³
Theoretische Epilimniontiefe	Z_{epi}	3,04	m
Tiefengradient	F	0,39	Faktor
Mittlere sommerliche Sichttiefe des Referenzzustandes	ST_{Ref}	0,80	m
Umfang	U	334	m

Die Wassertiefe im Stadtparkteich wurde mittels Handsonar und Sedimentmessstange an verschiedenen Punkten bestimmt. Eine Darstellung der gemessenen Tiefen findet sich in der folgenden Abbildung.

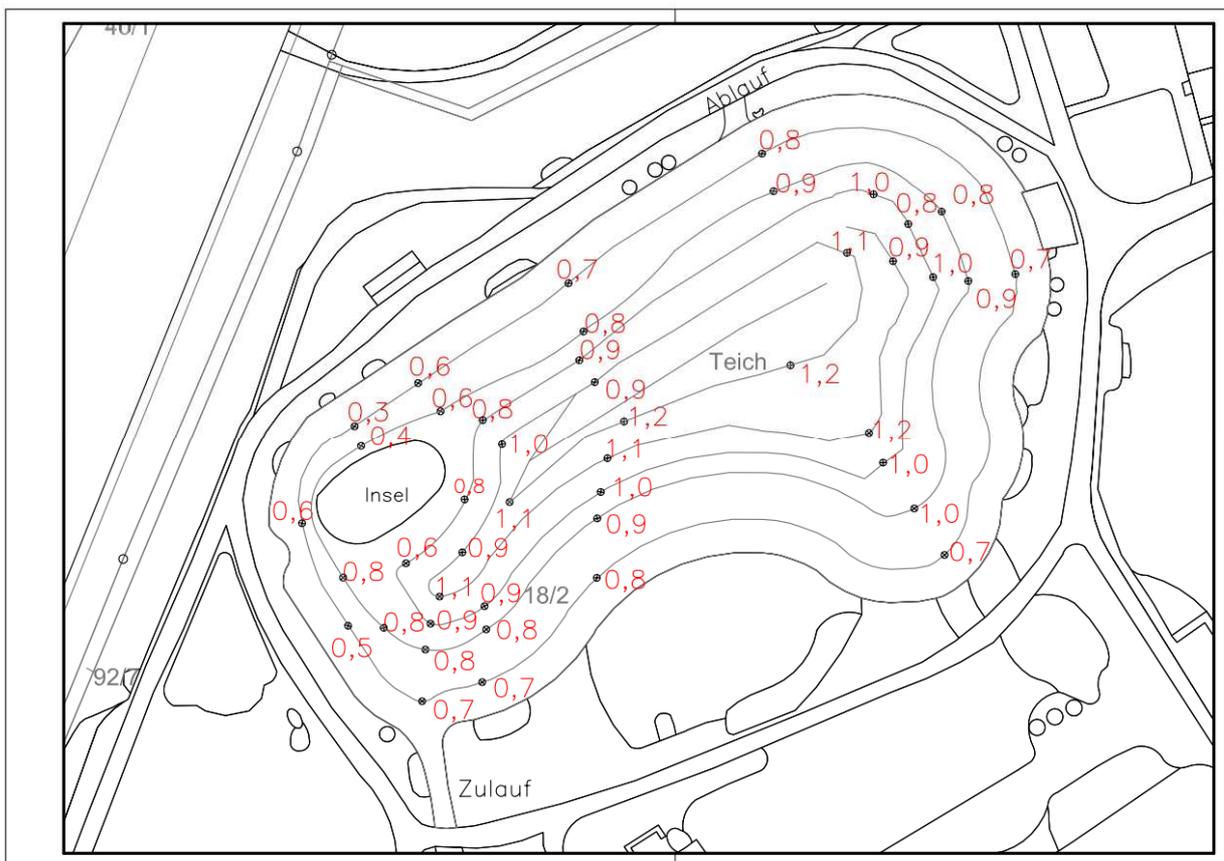


Abbildung 1 Tiefenkarte Stadtparkteich Burgdorf (Befahrungslinien und Messpunkte)

5 Ufersituation

Das Ufer entspricht dem eines naturnahen Parkteiches. An einigen Stellen ist ersichtlich, dass sich die Uferlinie in den vergangenen Jahren erweitert hat. Insbesondere die Uferbefestigung im östlichen Bereich ist leicht abgängig. Vorerst sind jedoch keine dringenden Maßnahmen zur Instandsetzung notwendig. Wünschenswert wäre eine Uferaufwertung an 3 Stellen durch eine ökologisch entsprechende Bepflanzung (vgl. Kap. 12.4.2)



Abbildung 2 Uferbefestigung im westlichen Bereich

6 Zu- und Abläufe

Der Stadtparkteich erhält Wasser durch Niederschlag, Oberflächenabflüsse aus dem angrenzenden Einzugsgebiet und einem Bach. Weitere Zuflüsse scheinen nicht zu existieren. Laut Herrn Grapentin vom Fischereiverein wurde während der Entschlammung 1999 keine Quelltätigkeit und keine Grund- und Schichtenwasserzuläufe beobachtet. Auch in den vorliegenden Wasserwerten lassen sich keine Hinweise auf signifikante Einträge durch weitere Zuströme finden. Dies wird insbesondere durch die konstanten Leitfähigkeitswerte deutlich (vgl. Tabelle 4).

Im Nordosten des Teiches befindet sich ein Überlauf, der das Teichwasser in den in nördlicher Richtung anliegenden Möschgraben entleert.

Über direkten Niederschlagseintrag und über Niederschlagseinträge aus dem direkt angrenzenden Einzugsgebiet erreichen den Teich im Mittel $4326\text{m}^3/\text{a}$. Über Verdunstung verlassen den Teich im Mittel $3465\text{m}^3/\text{a}$ (Abbildung 3).

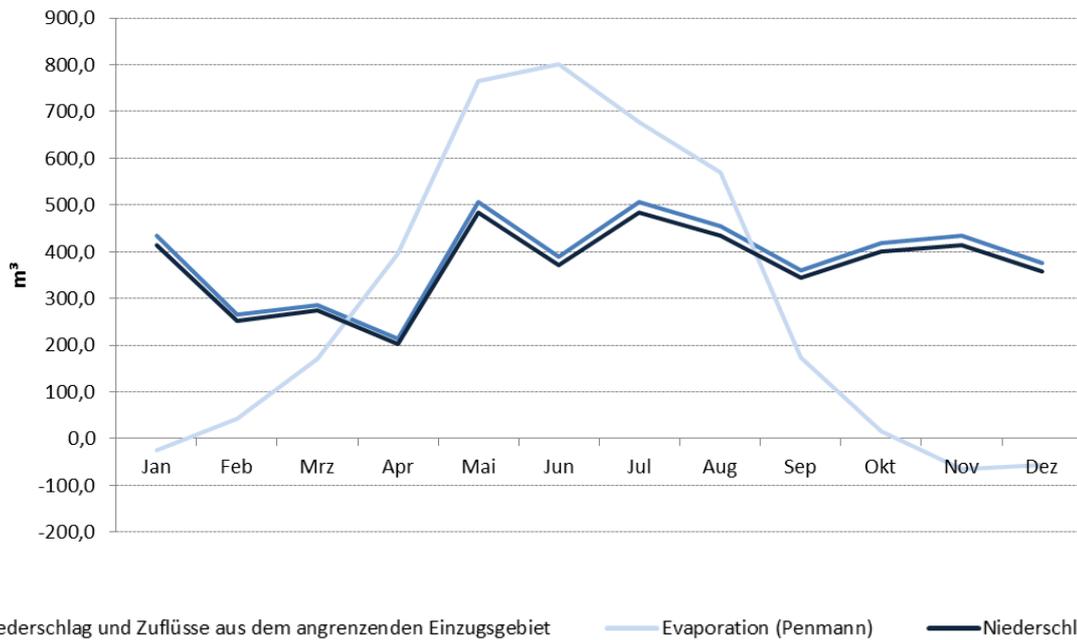


Abbildung 3 Niederschlag, Evaporation (berechnet nach Penmann [vgl.DVWK 1997]) und Niederschlag und Zuflüsse aus dem angrenzenden Einzugsgebiet (Berechnung: vgl. Tabelle 14)

Während des Ortstermins am 20.07.2016 wurde die Zuflussmenge des zufließenden Baches mittels eines Uranin Tests bestimmt. Hierfür wird das Tiefenprofil eines Bachabschnittes ausgemessen. Anschließend wird Uranin (biologisch abbaubarer Farbstoff) in den Bachlauf gegeben und die Zeit gemessen, die der Farbstoff benötigt um durch den Bachabschnitt zu gelangen. Aus den erhobenen Daten wird dann der Volumenstrom bestimmt. Es ergab sich ein Zufluss von $75\text{m}^3/\text{h}$.



Parameter	Wert	Einheit
Bachbreite	3,18	m
h (60 cm von links und rechts)	0,14	m
c	1,98	m
A (Trapez)	0,36	m ²
A (Dreieck)	0,06	m ²
A Bachquerschnitt	0,42	m ²
Messabschnitt	3,04	m
Volumen	1,28	m ³
Minuten	61	sec
Volumen	0,02	m ³ /sec
Zufluss	75	m ³ /h

Abbildung 4 Volumenmessung mittels Uranin im **Tabelle 2** Zuflussberechnung
Zufluss

Zur Abschätzung des Jahreszuflusses wurde der gemessene Zufluss mit aktuellen Niederschlagswerten korreliert und auf die sonstigen Monatsmittelwerte umgerechnet. Hieraus ergibt sich ein geschätzter Jahreszufluss von 582.550m³/Jahr. Dies entspricht einer über das Jahr gemittelten Wasseraustauschrate von 3,8 Tagen. Dies ist für einen so kleinen Teich ein extrem hoher Wert. Aufgrund der hohen Zuflussmengen aus dem Bach fallen die Niederschlagszuflüsse nicht ins Gewicht (Abbildung 5).

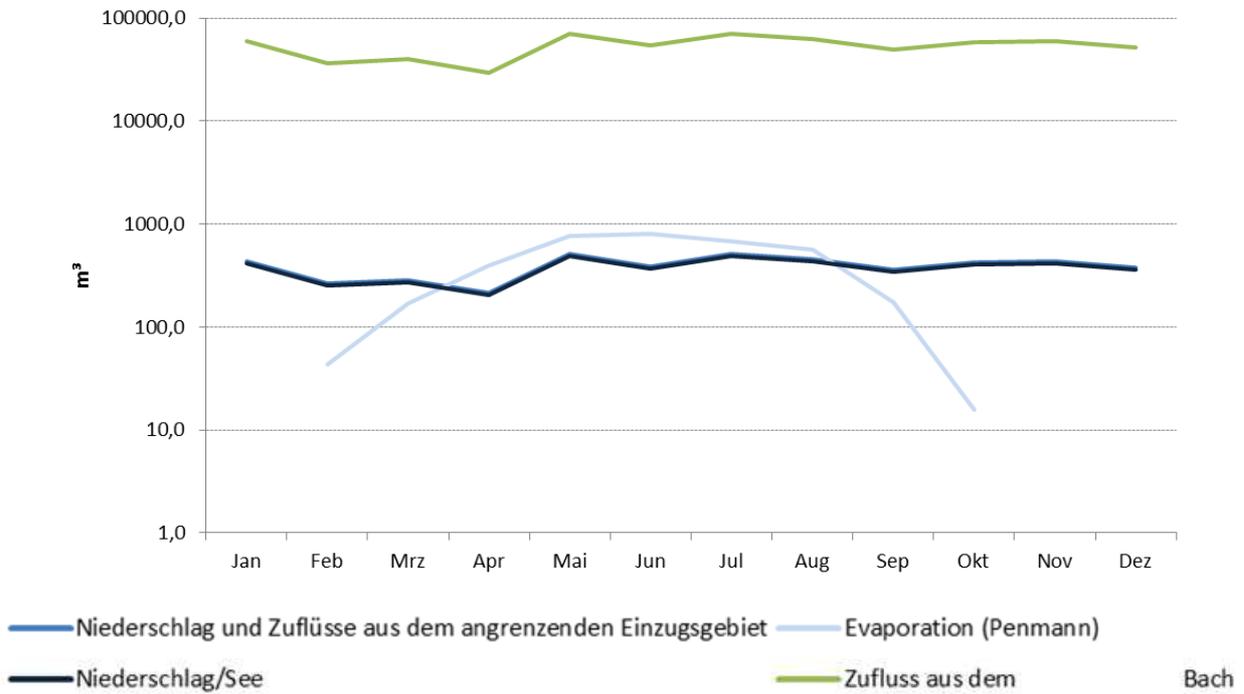


Abbildung 5 Niederschlag, Evaporation (berechnet nach Penmann [vgl.DVWK 1997]) und geschätzter Zufluss aus dem Bach (logarithmische Skalierung) (Berechnung: vgl. Tabelle 14)

7 Probennahmestellen

Am 20.07.2016 wurden Wasserproben zur chemischen Analyse entnommen. Darüber hinaus wurden Sedimentproben entnommen.

Die Messstellen, an denen beprobt wurde, sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

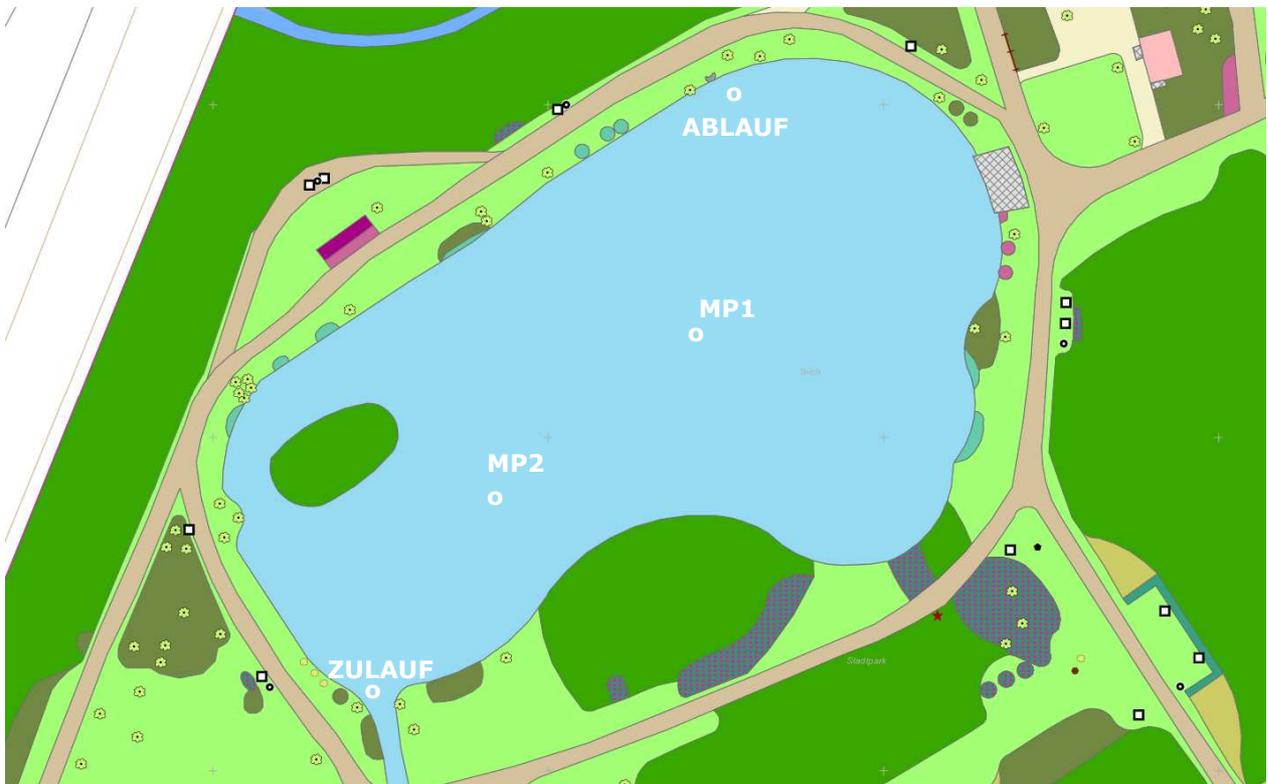


Abbildung 6 Messpunkte

8 Limnologie

8.1 Probennahme

Die Wasserproben wurden 10cm unterhalb der Wasseroberfläche mittels PE-Probennahmeflaschen entnommen und durch den Analysen Service Penzlin untersucht. Die Sondenparameter (pH, Leitfähigkeit, Temperatur, Sauerstoff) wurden mit einer Multisonde (Hydrolab MS5) aufgenommen. Die Sichttiefe wurde mit einer Secchi Scheibe bestimmt. Eine Secchi Scheibe ist eine weiße gelöcherte Scheibe, die ins Wasser gelassen wird. Ist die Scheibe nicht mehr mit dem bloßen Auge erkennbar, so wurde die Sichttiefe gefunden.



Abbildung 7 Multisonde Hydrolab MS5, Secchi Scheibe

8.2 Physikalisch und chemisch Parameter

Die Ergebnisse der Wasseranalysen finden sich in Tabelle 3, die Sondenergebnisse in Tabelle 4. Da die Werte nur von einem Messtermin stammen, ist anzumerken, dass sie nur einen zeitlichen Ausschnitt des Ökosystems darstellen.

Tabelle 3 Ergebnisse der Wasserproben, Probennahmetermin : 20.07.2016 (vgl. Kap. 14.2)

Identifikation		Zulauf	MP 1	MP 2
JNR		8658	8659	8660
P gesamt	mg/l	0,030	0,012	0,015
ortho-PO ₄ -P	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005
Eisen gesamt	mg/l	0,133	<0,05	0,079
Eisen gelöst	mg/l	0,051	<0,05	<0,05
TOC	mg/l	14	13	11
Ammonium	mg/l	0,068	0,046	0,048
N gesamt	mg/l	1,00	x	x
Nitrat	mg/l	<0,25	1,33	0,443
Nitrit	mg/l	0,028	0,032	0,032

Tabelle 4 Sondenmesswerte (x=Messfehler)

Parameter	Zufluss				MP1			Abfluss	Einheit
	MP2	1,1 (direkt über Grund)	Grund (aufliegend)		1,2 (direkt über Grund)	Grund (aufliegend)			
Messtiefe	0,1	0,1	1,1 (direkt über Grund)	Grund (aufliegend)	0,1	1,2 (direkt über Grund)	Grund (aufliegend)	0,1	m
Sichttiefe	Grund	Grund			Grund			Grund	m
Temperatur	22,9	24	17,9	17,6	25	17,7	17,7	22,3	°C
pH	7,75	7,93	7,94	7,82	8,3	8,14	8,05	8,48	
Leitfähigkeit	575	575	571	572	566	574	571	570	µS/cm
Sauerstoffgehalt	7,39	9,67	9,9	x	11,8	6,45	4,7	8,18	mg/l
Sauerstoffsättigung	93	125	113,7	x	150	73	53	105	%

Eine Bewertung der einzelnen Parameter findet sich in den folgenden Abschnitten.

8.2.1 Gewässergüteklassifizierung Zufluss

Legt man die Stoffgruppe ‚Nährstoffe, Salze und Summenkenngößen‘ der chemischen Gewässergüteklassifizierung der Landesarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zu Grunde (vgl. BMUB 2012), so zeigt sich mit Ausnahme des Kohlenstoffanteils, das der Zufluss nahezu unbelastet ist.

Tabelle 5 Gewässergüteklassen

Güteklasse	Bewertung
I	anthropogen unbelastet
I-II	sehr geringe Belastung
II	mäßige Belastung
II-III	deutliche Belastung
III	erhöhte Belastung
III-IV	hohe Belastung
IV	sehr hohe Belastung

Tabelle 6 Gewässergüte Zufluss Stadtparkteich

Stoffname	Wert	Einheit	Chemische Gewässergüteklasse	Bewertung
Stoffgruppe: Nährstoffe, Salze				
Gesamtstickstoff	1	mg/l	I	anthropogen unbelastet
Nitrat-Stickstoff	0,056475	mg/l	I	anthropogen unbelastet
Nitrit-Stickstoff	0,008526	mg/l	I	anthropogen unbelastet
Ammonium-Stickstoff	0,052802	mg/l	I-II	sehr gering belastet
Gesamtphosphor	0,03	mg/l	I	anthropogen unbelastet
Ortho-Phosphat-Phosphor	0,005	mg/l	I	anthropogen unbelastet
Sauerstoffgehalt	7,39	mg/l	II	mäßig belastet
Chlorid	*	mg/l	*	fehlender Wert
Sulfat	*	mg/l	*	fehlender Wert
TOC	14	mg/l	III	erhöhte Belastung
AOX	*	mg/l	*	fehlender Wert

8.2.2 Trophie Stadtparkteich

8.2.2.1 Grundlagen Trophie

Die gängige Bewertung von Seen und Teichen erfolgt auf Grundlage der vorhandenen Nährstoffe nach dem Trophieklassensystem. Hierbei werden folgende Trophieklassen unterschieden:

1. Oligotroph: nährstoffarm, Phytoplanktonentwicklung (Algen) oder Makrophytenwachstum (Wasserpflanzen) gering, hohe Sichttiefe
2. Mesotroph: mittleres Nährstoffangebot, mittlere Phytoplanktonentwicklung oder Makrophytenwachstum
3. Eutroph: nährstoffreich, Phytoplankton oder Makrophytenwachstum hoch, geringe Sichttiefe, gegen Ende des Sommers regelmäßig starker Sauerstoffmangel im Tiefenwasser
4. Polytroph: sehr Nährstoffreich, Phytoplankton oder Makrophytenwachstum sehr hoch, teilw. Blaualgen

Als Kenngrößen für die Zuordnung werden Sichttiefe, Chlorophyll-a-Gehalt und Phosphor verwendet. Die relevanteste Kenngröße ist der Phosphorgehalt, da dieser das Phytoplankton- und Makrophytenwachstum zumeist primär limitiert.

Zur Bewertung des Zustandes eines Sees/Teiches lassen sich auf Grundlage der LAWA-Richtlinien (1999) der ‚natürliche‘ Zustand eines Sees/Teiches (Referenzzustand) auf Grundlage der theoretischen Phosphoreinträge und der Morphometrie bestimmen. Im Vergleich dazu lässt sich auf der Grundlage aktueller Messdaten der aktuelle trophische Zustand bestimmen.

8.2.2.2 Trophischer Referenzzustand

Da der Stadtparkteich im Sommer eine Wasserverweilzeit von weniger als 10 Tagen hat (vgl. Kap. 6), lässt sich der Referenzzustand nicht bestimmen.

Würde man den Zufluss drosseln, so ließe sich ein trophischer Referenzzustand ermitteln, der sich auf Grund der Morphometrie (Beckenform) des Teiches ergeben würde (vgl. LAWA 1999).

Legt man die morphometrischen Daten des Stadtparkteichs zu Grunde (vgl. Tabelle 1), so ergibt sich ein stark eutropher (e2) Zustand.

8.2.2.3 Trophischer Istzustand

Zur Bewertung des trophischen Istzustandes wurden die vorliegenden Gesamtphosphorwerte dem Trophieindex für Kleinseen zugeordnet (LAWA 1999). Der Phosphorgehalt weist auf einen oligotrophen Zustand des Teiches hin.

8.2.2.4 Trophische Bewertung

Durch die starke Durchströmung weist der Teich einen oligotrophen Zustand im Bezug auf Phosphor auf. Würde man den Zustrom auf eine Wasseraustauschrate von weniger als 10 Tagen drosseln, würde der Teich aufgrund seiner Morphometrie wahrscheinlich in einen eutrophen Zustand übergehen.

8.2.3 Limitierender Nährstoff

Der Nährstoff, dessen vorliegende Menge das Algenwachstum begrenzt, wird als limitierender Nährstoff bezeichnet. In flachen Seen und Teichen ist zumeist Stickstoff oder Phosphor der limitierende Nährstoff. Theoretisch kann es auch Kohlenstoff sein. Dies ist jedoch so gut wie nie der Fall.

Der limitierende Nährstoff lässt sich auf zwei Wegen bestimmen. Eine grobe Abschätzung lässt sich, gemäß dem für Algen gültigen Redfield Verhältnis, über das molare Verhältnis von Phosphor (P) : Stickstoff (N) : Kohlenstoff (C) ermitteln. In Algen liegt ein molares P:N:C Verhältnis von 1:16:106

vor. Wird dieses über die Parameter P-ges (Gesamtphosphor), N-ges (Gesamtstickstoff) und TOC (gesamter organischer Kohlenstoff) bestimmt so ergibt sich folgendes Verhältnis:

Tabelle 7 Limitierender Nährstoff gemäß Redfield Ratio

	Redfield-Verhältnis	Stadtparkteich Zufluss	Burgdorf,
Datum		20.07.2016	
P	1	1	
N	16	33	
C	106	467	

Zu diesem Termin war Kohlenstoff und Stickstoff molar im Übermaß vorhanden. Daher wirkte aufgrund dieses Ergebnisses Phosphor limitierend.

Um eine genauere Abschätzung durchzuführen, wurden gemäß Nitrolimit (2013) die Verhältnisse von anorganischem gelösten Phosphor (DIN) und Gesamtphosphor (P-ges) bestimmt (DIN:P-ges). Liegt dieses Verhältnis bei $< 1,6$, kann von einer Stickstofflimitierung ausgegangen werden, liegt es bei $> 1,6$, so wirkt Phosphor limitierend. Die Bestimmung bestätigte eine Phosphorlimitierung (Tabelle 8).

Tabelle 8 Limitierender Nährstoff gemäß Nitrolimit (2013)

	Parkteich Zufluss	Stadtparkteich MP1	Stadtparkteich MP2	Einheit
Datum	20.07.2016	20.07.2016	20.07.2016	
P-ges	0,03	0,012	0,015	mg/l
PO4	0,005	0,005	0,005	mg/l
DIN	0,346	1,4	0,523	mg/l
DIN:P-ges	11,5	117,3	34,9	
Limitierender Nährstoff	Phosphor	Phosphor	Phosphor	

8.2.4 Zusammenfassende Bewertung der physikalischen und chemischen Parameter

Im Folgenden findet sich eine zusammenfassende Bewertung des Zustands des Stadtparkteichs:

- Zufluss: Gemäß der Gewässergüteklassifizierung zeigt sich mit Ausnahme des leicht erhöhten Kohlenstoffanteils, dass der Zufluss nahezu unbelastet ist (Tabelle 3).
- Trophie gemäß Phosphor: Während noch im Zufluss leicht erhöhte Gesamtphosphorwerte gemessen wurden, die auf ein schwach eutrophes Gewässer hinweisen würden, so reduzieren sich die Phosphorwerte in ihrer Passage durch den Teich auf ein oligotrophes Niveau (vgl. Kap.

8.2.2.1). Gelöster, pflanzen- und algenverfügbarer Phosphor (PO₄-P) konnte sowohl im Zufluss als auch im Teich selbst nicht nachgewiesen werden. Die Reduktion geht vermutlich auf Sedimentation und die Bindung an Eisen zurück.

- Eisen (gesamt und gelöst): Während im Zulauf noch Eisen in gebundener und gelöster Form vorlag, reduzierte sich im Teich der Gehalt bis zu Messpunkt 1 (MP1) auf einen Wert unterhalb der Nachweisgrenze. Der im Zulauf gemessene Wert von 0,133 mg/l kann als gering eingestuft werden. In der Gewässergüteklassifizierung nach LAWA (vgl. Tabelle 5) wird Eisen nicht berücksichtigt. Zur Einordnung des Wertes sei hier auf die Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) und die FLL-Richtlinie für Freibäder mit biologischer Wasseraufbereitung verwiesen (FLL 2011). Beide stellen sehr hohe Anforderungen an die Wassergüte und fordern einen Grenzwert von kleiner als 0,2mg/l.

Der Eisengehalt ist aufgrund der Bindungsaffinität von Eisen zu Phosphor wünschenswert, da Eisen Phosphor binden kann, so dass dieser nicht mehr bioverfügbar ist.

- Sichttiefe: Auch wenn das Wasser eine leichte grün-gelblich-braune Verfärbung aufwies, so konnte mittels Secchi-Scheibe eine Sichttiefe bis zum Grund ermittelt werden. Aufgrund der niedrigen Eisenwerte ist nicht zu vermuten, dass die Verfärbung durch Eisen bedingt ist. Vielmehr handelt es sich hier vermutlich um Huminstoffe (Abbauprodukte von Pflanzen). Die erhöhten TOC – Gehalte (gesamter organischer Kohlenstoff), die durch den Zulauf in den Teich geraten, weisen darauf hin (vgl. Tabelle 3).
- Sauerstoff: Die Sauerstoffwerte lagen zum Messzeitpunkt trotz der hohen Temperaturen in einem sehr guten Bereich. Man kann sehen, wie das Wasser vor allem in der Mitte des Teiches (MP1 + MP2) aufgrund der vitalen Makrophytenpopulation extrem hohe Sauerstoffwerte aufwies.
- pH-Wert: Die pH-Werte im Teich lagen im leicht basischen Bereich und waren somit sehr gut.
- Leitfähigkeit: Die Leitfähigkeit im Teich weist auf eine geringe bis mittlere Menge an leitfähigen Ionen hin. Der Wert ist ebenfalls gewässertypentsprechend gut.

8.3 Flora

Insbesondere der mittlere Bereich des Teiches ist flächig mit submersen Makrophyten (untergetaucht lebende Wasserpflanzen) bewachsen, die von Fadenalgen durchsetzt werden. Dies ist sicherlich zum einen auf die guten Lichtbedingungen (wenig Schatten von Bäumen) zurückzuführen. Zum anderen führt hier der Hauptstrom des Zuflusses entlang. Die wenigen Nährstoffe, die eingetragen werden, werden hier direkt verstoffwechselt.

Bei den Wasserpflanzen handelt es sich hauptsächlich um Ähriges Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*), vereinzelt auch um Laichkräuter (*Potamogeton*) und andere Arten.

Das Ährige Tausendblatt fühlt sich in stehenden bis langsam fließenden Gewässern wohl. Es kommt sowohl mit einem ärmeren als auch mit einem reicheren Angebot an Nährstoffen aus und gedeiht in Schlamm-, Sand und Torfböden. Diese Bedingungen sind im Stadtparkteich gegeben. Sollten sich

temporäre Änderungen der Zuflusswasserqualität einstellen, sind diese Pflanzen in der Lage, sich an diese anzupassen.



Abbildung 8 Zone mit Bewuchs von submersen Makrophyten und Fadenalgen

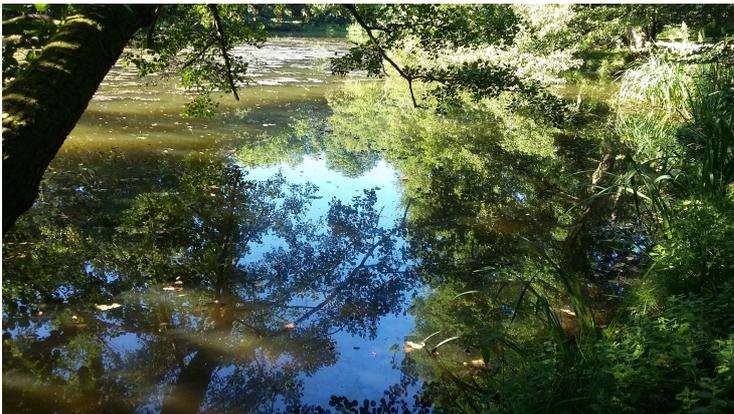


Abbildung 9 Beschatter Bereich ohne submersen Bewuchs und ohne Fadenalgen



Abbildung 10 Ähriges Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) und Fadenalgen. Die Pflanzen dienen als Schutzraum für zahlreiche Jungfischschwärme (oben rechts). Leichte Eintrübung durch Huminstoffe.

8.4 Fauna

Der Stadtparkteich dient als Lebensraum für zahlreiche Wasserinsekten. Darüber hinaus bietet er Lebensraum für Wasservögel. Während des vor Ort Termins wurden 12 Stockenten beobachtet. Enten können durch Koteinträge prinzipiell eine Belastung für Seen und Teiche darstellen. Die beobachtete Anzahl stellt jedoch keine zu hohe Belastung dar. Dennoch sollte weiterhin eine Anfütterung vermieden werden, um nicht noch weitere Enten anzulocken.

Die ökologischen Bedingungen sind außerdem sehr gut als Jagdrevier für Fledermäuse, die hier wahrscheinlich nachts anzutreffen sind.

Auch wenn im letzten Jahr kein Besatz mit Jungfischen erfolgte, so sind zwischen den Wasserpflanzen eine beachtliche Anzahl an Schwärmen von Jungfischen sowie ausgewachsene Hechte zu beobachten gewesen. Der Teich stellt folglich einen gesunden Lebensraum für die Fische dar und sie finden hier gute Bedingungen zur Vermehrung. Die guten Sauerstoffwerte bestätigen dies (vgl. Tabelle 4).

9 Sediment

9.1 Probennahme

Die Sedimentproben wurden mit dem Sedimentprobenstecher ‚Corer‘ entnommen. Mit dem Gerät wird ein transparenter Kunststoffzylinder in das Sediment gestochen. Dann wird ein vorher gespannter Ball gelöst, der den Zylinder verschließt. Im Anschluss kann der Zylinder mit dem Sediment heraus gezogen werden. Es wurden Proben an den Messstellen MP1 und MP2 entnommen, sowie im Randbereich beim Zu- und Abfluss (Abbildung 6).

Vor Ort wurden die Sedimentdicke und der optische Eindruck bestimmt. Anschließend wurde aus den obersten 5 cm der Mittel- und der Randproben jeweils eine Mischprobe erstellt (Sediment I und Sediment II), die anschließend vom Labor Eurofins Osnabrück einer sequentiellen Phosphoranalyse unterzogen wurde.

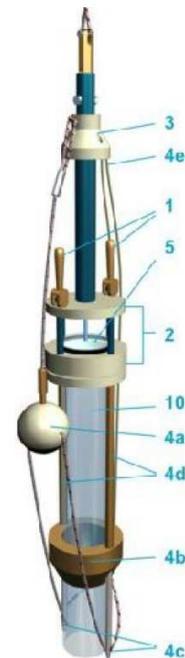


Abbildung 11 Sedimentprobenstecher

9.2 Sedimentdicke und Sedimentqualität

1999 wurden ca. 25 cm Sediment entnommen. Die Sedimentdicke am 20.07.2016 betrug an den vier Messstellen im Mittel 22,75 cm (Abbildung 12). Dies bedeutet, dass es seit der letzten

Sedimententnahme einen durchschnittlichen Sedimentzuwachs von ca. 1,3 cm/Jahr gab. Rechnet man den Zuwachs hoch, so wird der Zustand von 1999 in knapp zwei Jahren wieder erreicht sein.



Abbildung 12 Sedimentdicke: Abfluss (19 cm), MP1 (28 cm), MP2 (22cm), Zufluss (22cm)

Die oberste Schicht des Sedimentes aus dem Randbereich besteht aus vermoderten Blättern. In der Mitte des Teiches ist das Sediment fein –schlammig und es liegt eine deutlich bessere Mineralisierung vor.

Wenn man im Randbereich tief in das Sediment sticht steigen Blasen herauf, die nach fauligen Eiern riechen. Hierbei handelt es sich um Schwefelwasserstoff (H_2S). Schwefelwasserstoff kann bei höheren Sulfatgehalten in anaeroben Schichten des Sedimentes entstehen. Diese sind mit 25 mg/l Sulfat im Eluat des Sedimentes gegeben (Dr. Moll 2014). Freies H_2S ist ab einer Konzentration von 0,015mg/l für Fische und Makroinvertebraten toxisch. Solange das H_2S jedoch in tieferen Schichten des Sedimentes liegt und im Wasserkörper genügend Sauerstoff vorhanden ist, was im Stadtparkteich der Fall ist, so ist dies nicht problematisch. Sobald das H_2S in aerobe Horizonte diffundiert, kann dies durch Schwefelbakterien chemoautotroph oder photoautotroph zu elementarem Schwefel, Tiosulfat oder Sulfat oxidiert werden und ist somit nicht mehr schädlich (Dokulil et al. 2001).

9.3 Sequentielle Phosphoranalyse

Um festzustellen, wie hoch die Menge des Phosphors ist, die sich aus dem Sediment in den Wasserkörper rücklösen kann, wurde eine sequentielle Phosphoranalyse durchgeführt. Diese gibt Auskunft über die Mengen der unterschiedlichen P-Fractionen (Phosphor-Bindungsformen) im Sediment und somit die Phosphorrücklösepotentiale aus dem Sediment in den Wasserkörper. In der folgenden Tabelle werden die unterschiedlichen Fraktionen beschrieben.

Tabelle 9 Phosphor-Fractionen

P-Fraktion	Erläuterung
NH ₄ -Cl-P	Sofort verfügbar (im Porenwasser gelöst, labil an Oberflächen adsorbiert)
BDP	Reduktiv löslich (überwiegend an Fe(III) und Mn(IV)-Hydroxide gebunden)
NaOH-SRP	Basenlöslich (an Metalloxiden gebundenes P [z.B. Fe, Al], das gegen OH ⁻ austauschbar ist)
NaOH-NRP	In Mikroorganismen und Detritus gebunden (huminstoff gebundenes P+Poly-P, prinzipiell löslich)
HCl-P	Säurelöslich (carbonatisch gebundenes P + Apatit-P)
Rest-P	Refraktäres organisches P

Die nachstehende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Analyse der beiden Sedimentmischproben. Zunächst fällt auf, dass in der Mischprobe aus der Mitte des Teiches deutlich mehr Phosphor vorliegt. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass hier der Wasserstrom aus dem Zufluss entlangführt und ein Teil des zufließenden Phosphors hier sedimentiert.

In beiden Proben zeigt sich, dass innerhalb der Nachweisgrenzen kein sofort verfügbarer Phosphor vorlag.

Der größte Teil des Phosphors lag entweder basenlöslich oder reduktiv löslich an Metalloxiden gebunden vor. Das heißt, dass bei stark erhöhten pH-Werten (höher als pH 8,5/9) und niedrigen Sauerstoffwerten (weniger als 2 mg/l) die Gefahr von P-Rücklösungen aus dem Sediment besteht. Die pH-Werte und Sauerstoffwerte waren zum Messzeitpunkt jedoch gut.

Tabelle 10 Sequentielle Phosphor Analyse (vgl. Kap. 14.3)

Probe		Sedimentprobe I	Sedimentprobe II
Labor-Nr :		316074803	316074804
Parameter	Einheit		
Trockenrückstand	Ma -% OS	50,0	50,0
Glühverlust	Ma -% TS	34,2	25,7
Bestimmung aus dem Königwasseraufschluss			
Phosphor gesamt	mg/kg TS	400	2060
<u>Sequentielle Extraktion nach PSENNER modifiz. nach HUPFER</u>			
Extrakt SE 1 (NH₄Cl-P-Fraktion) (TP-Messung)			
Phosphor (TP)	mg/kg TS	< 20	< 20
Extrakt SE 2 (BD-P-Fraktion) (TP-Messung)			
Phosphor (TP)	mg/kg TS	165	231
Extrakt SE 3 (NaOH-SRP, NRP-Fraktion) (TP-Messung) (SRP-Messung)			
Phosphor (TP)	mg/kg TS	170	1650
ortho-Phosphat (SRP)	mg/kg TS	492	4760
ortho-Phosphat-Phosphor (SRP)	mg/kg TS	160	1550
Phosphor (NRP)	mg/kg TS	10	100
Extrakt SE 4 (HCl-P-Fraktion) (TP-Messung)			
Phosphor (TP)	mg/kg TS	< 20	< 20
Extrakt SE 5 (Residual-P-Fraktion) (TP-Messung)			
Phosphor (TP)	mg/kg TS	< 20	< 20

Die sequentielle Phosphor Analyse zeigt also, dass aktuell keine Phosphorbelastung vom Sediment für den Wasserkörper ausgeht.

10 Lineares Phosphor Bilanz Modell

Um den Gewässerzustand zu modellieren wurde ein lineares Phosphorbilanzmodell erstellt. Da die Wassermengen, die über den Zufluss in den Teich gelangen, so viel höher sind als die Niederschlagszuflüsse (vgl. Abbildung 5) haben diese keinerlei Einfluss auf die Trophie des Teiches.

Auch aus dem Sediment sind bei annähernd gleich bleibenden pH-Werten und weiterhin guten Sauerstoffwerten keine signifikanten Einträge zu erwarten (vgl. Kap. 9.3).

Um den Trophiestand auf Grundlage des Phosphorgehaltes besser zu verstehen wurde ein lineares Phosphormodell erstellt. In das Modell sind folgende Daten eingeflossen:

- Lokale Niederschlags- und Verdunstungsdaten, Phosphor-Eintragsdaten nach LAWA (1999)
- Theoretischer Gebietsabfluss und Phosphor-Eintragsdaten nach LAWA (1999)
- Berechneter monatlicher Zufluss auf Grundlage des gemessenen Zuflusses und berechneter Zuflussmengen
- Gemessene Phosphorwerte
- Theoretische Phosphor-Sedimentationsraten und gemessene Phosphor-Sedimentation
- Geschätzte Bioakkumulation auf Grundlage der gemessenen Phosphor-Werte

Die Ergebnisse des Modells sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Die Rohdaten finden sich im Anhang. Da aktuell nur ein Messdatensatz vorliegt handelt es sich um eine Abschätzung auf der Grundlage theoretischer Annahmen. Sollten zukünftig weitere Daten erhoben werden, kann das Modell angepasst und so seine Genauigkeit erhöht werden.

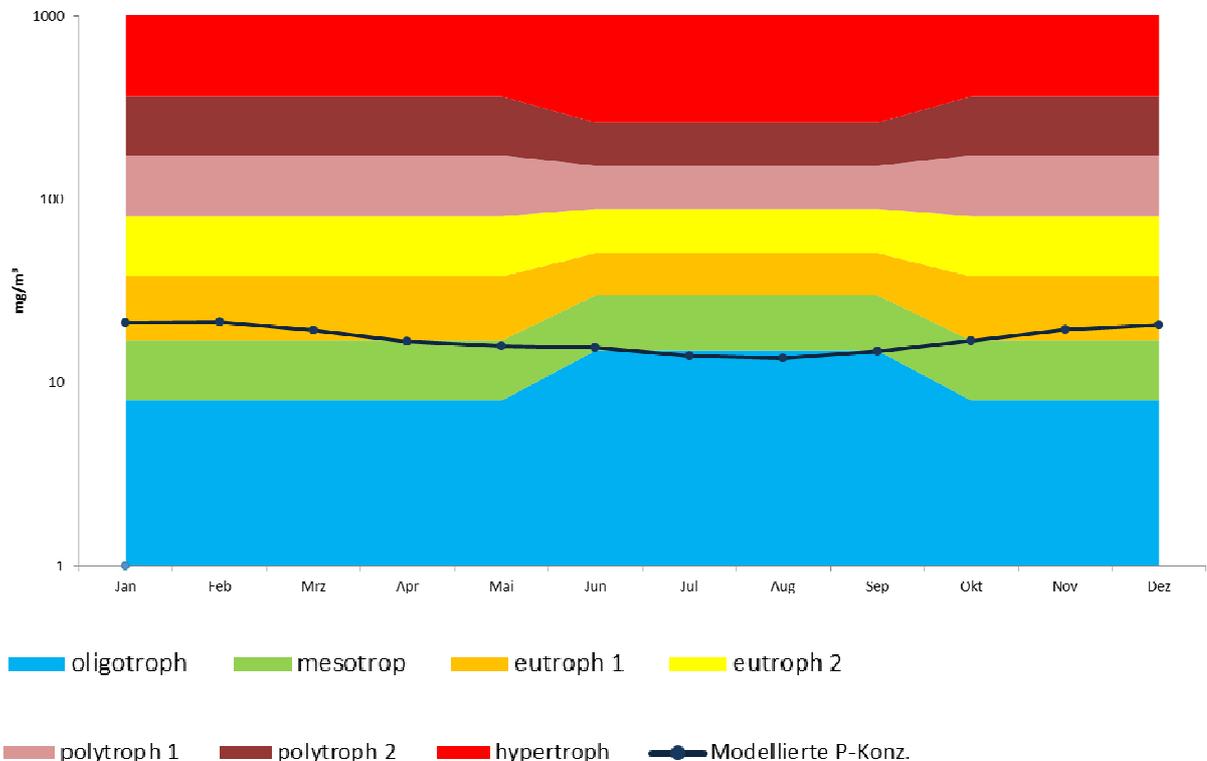


Abbildung 13 Phosphor-Bilanzmodell (Rohdaten)

11 Gesamtbewertung

In der Zusammenschau der gesamten erhobenen Teich-Parameter zeigt sich das Bild eines vitalen Ökosystems. Die Nährstoffsituation im Zufluss und im Teich ist aufgrund der niedrigen Werte als sehr gut einzustufen. Gleiches gilt für die übrigen erhobenen Wassergüteparameter. Die einzige Ausnahme bilden die erhöhten Kohlenstofffrachten, die in Form von Huminstoffen zur leichten Einfärbung des Wassers beitragen. Diese schaden dem Teich als Ökosystem jedoch nicht und könnten nur aus ästhetischen Erwägungen als störend wahrgenommen werden. Eine Reduzierung der Huminstoffe wäre nur unter sehr hohem technischem Aufwand möglich (z.B. durch Ozonierung), der den Nutzungsansprüchen eines Parkgewässers nicht gerecht wird.

Auch die Bewuchssituation zeigt ein zufriedenstellendes Bild. Die Pflanzen binden die wenigen Nährstoffe und sorgen vor allem für eine gute Sauerstoffversorgung im Teich. Gleichzeitig dienen sie den Jungfischen als Rückzugsraum vor den Hechten. Einzig die Fadenalgen an der Wasseroberfläche stellen eine optische Beeinträchtigung dar. Sie stehen jedoch gleichzeitig von ihren Habitatansprüchen her für eine gute Wasserqualität und sind unbedenklich. Eine Entfernung aufgrund ästhetischer Aspekte wäre nur mechanisch (zu großer Aufwand in einem Parkteich der gegebenen Fläche) oder chemisch (ökologisch nicht wünschenswert in einem Parkteich) möglich.

Nährstoff- und Bewuchssituation bilden gemeinsam die Grundlage für verschiedene Fisch-, Insekten und Vogelpopulationen.

12 Maßnahmen

12.1 Grundlegendes

Ziel jeder Maßnahme sollte es sein, den Stadtparkteich als Erholungsgewässer zu erhalten, die Fischzucht zu ermöglichen und Naturschutzbelangen zu genügen.

12.2 Entschlammung

Eine der Ausgangsfragen des Auftraggebers war, ob zeitnah eine erneute Entschlammung erfolgen soll. Es konnte festgestellt werden, dass in ca. 2 Jahren die Sedimentdicke von 1999 wieder erreicht sein wird. Eine Erhöhung des Sedimentes ist jedoch nicht per se schlecht. Nachteilige Wirkungen des Sedimentes resultieren jeweils aus verschiedenen Eigenschaften des Sedimentes:

1. Zu hohe Sedimentschichten führen zu einer Verlandung des Teiches.
 - ➔ Die aktuelle Sedimentdicke von ca. 23 cm ist aus dieser Perspektive unbedenklich. Das Sediment kann noch weitere 5-10 cm zunehmen bevor Maßnahmen notwendig sind. Dies wird in 4-8 Jahren der Fall sein. Dann reicht jedoch wahrscheinlich zunächst eine Entnahme des Sedimentes aus dem Randbereich. Hier ist das Wasser am flachsten und hier findet auch der Haupteintrag von Blättern statt. Entnommen werden müsste

wahrscheinlich ein Streifen von 3-5 Metern. Dies müsste im direkten Vorfeld auf der Grundlage von aktuellen Sedimentmessungen definiert werden.

2. Aufgrund der hohen Sulfatwerte im Sediment (Dr. Moll 2014) kann in anaeroben Schichten Schwefelwasserstoff entstehen.
 - ➔ Da der Wasserkörper aktuell auch bei hohen Temperaturen ausreichend mit Sauerstoff gesättigt ist, besteht hier keine Gefahr, dass der Schwefelwasserstoff in den Wasserkörper gelangt. Es ist jedoch anzuraten, dass zukünftig regelmäßig der Sauerstoffgehalt im Teich überprüft wird (vgl. Kap. 12.3).
3. Zu hohe Phosphorwerte im Sediment bei gleichzeitig zu schlechten Phosphor – Bindungskapazitäten des Sedimentes, können zu Phosphorrücklösungen aus dem Sediment in den Wasserkörper führen. Dies kann zu starkem Algen oder Pflanzenwachstum führen und in Folge zu einer erhöhten Sedimentbildung, was wiederum der Verlandungsprozess beschleunigt.
 - ➔ Dies ist unter den aktuellen Bedingungen nicht gegeben (vgl. Kap. 9.3)

Auf Grundlage der genannten Punkte ist eine Sedimententnahme zum jetzigen Zeitpunkt nicht notwendig. Im Gegenteil würde eine Sedimententnahme dazu führen, dass sich die gesamte Ökologie, die sich den vergangenen 17 Jahren entwickelt und aufeinander abgestimmt hat, neu entwickeln müsste. Insbesondere für die Fischzucht ist ein etablierter Makrophytenbestand als Schutzzone für die Jungfische und als Sauerstoffspender essentiell. Ein stabiler Zustand wäre erst in vielen Jahren wieder erreicht.

Darüber hinaus ist anzumerken, dass die Sedimententnahme gemeinhin als extrem teures Restaurierungsverfahren gilt (Lewandowski et al. 2013). Dies wäre insbesondere der Fall für den Stadtparkteich, da hier keine Sedimentlagerstätten vorhanden sind. Daher müsste das Sediment sehr kostenintensiv zwangsentwässert werden.

Andere Maßnahmen wie Sedimentbelüftung und Zugabe von Bakterienkulturen zur Sedimentreduktion sind im Stadtparkteich nicht erfolgsversprechend.

12.3 Sonstige Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität

Seentherapie unterscheidet zwischen Sanierungsverfahren (Maßnahmen im Einzugsgebiet / externe Maßnahmen) und Restaurierungsverfahren (Maßnahmen im Gewässer / interne Maßnahmen). Sowohl das Zuflusswasser, als auch das Teichwasser weisen eine gute Qualität auf. Daher sind zurzeit weder interne noch externe Maßnahmen notwendig.

12.4 Präventive Maßnahmen

12.4.1 Monitoring

Es ist empfehlenswert, die Wasserqualität und die Sedimententwicklung zukünftig im Rahmen eines kleinen Monitorings im Auge zu behalten. So kann entsprechend reagiert werden, wenn der Zustand des Teiches dies erfordert. Dies ist auch wegen der des hohen Durchflusses (vgl. Kap. 6) sinnvoll, da bei einer Veränderung der Qualität des Zuflusswassers sich auch die Wasserqualität im Teich ändert. Folgend ein Vorschlag für einen Monitoringplan inkl. Kostenschätzung.

Tabelle 11 Entwurf: Probennahmeplan Stadtparkteich Burgdorf

Parameter	Einheit	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Temperatur	°C			OW, TW, ZW					OW, TW, ZW				
pH				OW, TW, ZW					OW, TW, ZW				
O2	mg/l			OW, TW, ZW					OW, TW, ZW				
O2	%			OW, TW, ZW					OW, TW, ZW				
Leitfähigkeit	µS/cm			OW, TW, ZW					OW, TW, ZW				
Gesamthärte	mmol/l			OW, ZW					OW, ZW				
Säurekapazität	mmol/l			OW, ZW					OW, ZW				
Silicium	mg/l			OW, ZW					OW, ZW				
Gesamt-P	mg/l			OW, TW, ZW					OW, TW, ZW				
Ortho-Phosphat	mg/l			OW, TW, ZW					OW, TW, ZW				
Gesamtstickstoff	mg/l			OW, ZW					OW, ZW				
Nitrat	mg/l			OW, ZW					OW, ZW				
Nitrit	mg/l			OW, ZW					OW, ZW				
Ammonium	mg/l			OW, ZW					OW, ZW				
Sulfat	mg/l			OW, TW, ZW					OW, TW, ZW				
Schwefelwasserstoff	mg/l			OW, TW, ZW					OW, TW, ZW				
Eisen gesamt	mg/l			OW, ZW					OW, ZW				
Eisen gelöst	mg/l			OW, ZW					OW, ZW				
TOC	mg/l			OW, ZW					OW, ZW				
DOC	mg/l			OW, ZW					OW, ZW				
Sichttiefe	m			OW, ZW					OW, ZW				
Phytoplankton	mm ³ /l			OW					OW				
Sedimentmächtigkeit	cm								4MP				

Abk.	Erläuterung
OW	Oberflächenwasser
TW	Tiefenwasser
ZW	Zuflusswasser
4MP	4 Messpunkte

Tabelle 12 Kostenschätzung Wasseruntersuchungen/Jahr

Pos.	Leistung	Preis (netto)
1	Probenanalyse	1.526,20 €
2	Probennahme an 2 Terminen	1.404,00 €
3	Jahresbericht	680,00 €
	Summe	3.610,20 €

12.4.2 Uferaufwertung

Wie in Kap. 5 erwähnt, wäre eine ökologische Aufwertung durch eine passende Uferbepflanzung zur ökologischen Aufwertung, zur weiteren Nährstoffbindung und zur Stabilisierung des Uferbereichs empfehlenswert. Es wird empfohlen, diese an drei Uferabschnitten (Länge: jeweils 5-7 Metern, Breite: 1-2 Meter) zu realisieren. Es sollten Pflanzen gewählt werden, die keine Wuchshöhe oberhalb der Wasseroberfläche von mehr als 100 cm aufweisen, um den Rückzugsraum für Wasservögel zu minimieren, da sonst weitere Wasservögel angelockt werden würden.

Es ist darauf zu achten, möglichst vielfältig zu bepflanzen, da auch bei theoretisch passenden Habitatansprüchen der jeweiligen Pflanzen, eine Etablierung der Pflanzen nicht garantiert ist. Durch ein größeres Spektrum erhöht man die Wahrscheinlichkeit, dass Bewuchs entsteht.

Folgende Pflanzen ließen sich z.B. verwenden:

Wasserrminze	(<i>Mentha aquatica</i>)
Wasser - Segge	(<i>Carex aquatilis</i>)
Gewöhnliche Sumpfbirse	(<i>Eleocharis palustris</i>)
Zungen-Hahnenfuß	(<i>Ranunculus lingua</i>)
Krebsschere	(<i>Stratoides Aloides</i>)
Stumpfbliütige Binse	(<i>Juncus subnodulosus</i>)
Gewöhnlicher Blutweiderich	(<i>Lythrum salicaria</i>)
Scheinzypergras-Segge	(<i>Carex pseudocyperus</i>)

Tabelle 13 Kostenschätzung Uferbepflanzung

Pos.	Leistung	Preis (netto)
1	42 m ² Bepflanzung mit emersen Makrophyten inkl. Einbau	3.720,00 €

13 Literatur

BMUB (2012) Chemische Gewässergüteklassifizierung, <http://www.bmub.bund.de/themen/wasser-abfall-boden/binnengewasser/fluesse-und-seen/schutzziele-und-bewertungsparameter/chemische-gewaessergueteklassifizierung/>

Dokulil et al. (2001) Ökologie und Schutz von Seen, UTB Wien

Dr. Moll (2014) Geplante Entschlammung des Schwanenteichs im Stadtpark Burgdorf. – Orientierende umweltgeologische Untersuchungen zur Deklaration von Bodenmaterial (Teichsediment) vor dem Aushub mit Bewertung anhand relevanter Bewertungsgrundlagen. Befund Nr.: 20/2/14, Isernhagen

DVWK (1997) Merkblatt 238: Ermittlung und Verdunstung von Land- und Wasserflächen, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), Bonn

FLL (2011) Richtlinien für Planung, Bau, Instandhaltung und Betrieb von Freibädern mit biologischer Wasseraufbereitung (Schwimm- und Badeteiche), Forschungsgemeinschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.

LAWA (1999) Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Kulturbuch-Verlag Berlin

Lewandowski et al. (2013) Gewässerinterne Ökotechnologien zur Verminderung der Trophie von Seen und Talsperren, Korrespondenz Wasserwirtschaft, 2013 (6) – Nr. 12

Nitrolimit (2013) Einfluss von Stickstoff und Phosphor auf die Gewässergüte von Seen, Universität Cottbus, Lehrstuhl Gewässerschutz

TrinwV (2001) Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch

14 Anhang

14.1 Evaporationsberechnung und Wasserbilanz

Tabelle 14 Evaporationsberechnung nach Penmann (DVWK 1997) auf Grundlage lokaler Wetterdaten und Wasserbilanzberechnungen Stadtparkteich Burgdorf

Parameter	Abk	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Σ	Einheit
Geographische Breite	$\Delta\varphi$	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	°
Lufttemperatur	T	2,1	2,5	5,3	10	13,4	16,5	19,1	18	14,7	10,5	6,8	3,5		°C/m
Tatsächliche Sonnenscheindauer	S	1,3	2,2	3,4	4,8	6,7	6,7	6,4	6,4	4,5	3,4	1,7	1,1		h/d
Luftfeuchte	U	87	84	80	75	72	73	75	75	81	84	86	88		%
Windgeschwindigkeit	v ₂	6	6	6	6	5	4	4	4	4	4	5	7		km/h
Überschreilänge in Hauptwindrichtung (Südwest)	x	125													m
Massentransportkoeffizient	b	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138		m
Windgeschwindigkeit	v ₂	1,666666668	1,6667	1,6667	1,6667	1,3889	1,1111	1,1111	1,1111	1,1111	1,1111	1,3889	1,9444		m/s
Astronomisch mögliche Sonnenscheindauer	S ₀	8,3	10	11,9	13,9	15,7	16,7	16,3	14,7	12,7	10,7	8,9	7,8		h/d
Steigung der Sättigungsdampfdruckkurve mit der Temperatur	s	0,5	0,5	0,61	0,82	0,98	1,16	1,37	1,29	1,03	0,82	0,64	0,54		hPa/K
Nettostrahlung (Strahlungsbilanz)	R _N	-13,63307889	3,7383	27,215	54,674	93,127	87,038	58,969	51,72	17,928	-2,125	-19,48	-21,02		W/m ²
Globalstrahlung	R _G	10,8	25,4	53,5	91,5	139,3	142,5	133,9	126,0	76,8	44,9	15,7	7,913		W/m ²
Extraterrestrische Strahlung	R ₀	93	156	253	358	441	480	461	391	293	191	111	76		W/m ²
Reflexionskoeffizient / Albedo der Wasseroberfläche	α	0,16	0,12	0,09	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,08	0,11	0,14	0,16		
Verdampfungswärme des Wassers	L	28,8	28,8	28,8	28,6	28,5	28,5	28,4	28,4	28,5	28,6	28,7	28,8		
Effektive Abstrahlung von der Oberfläche	R _{NL}	22,68746925	18,611	21,462	30,405	36,39	46,917	65,599	65,433	52,752	42,097	32,976	27,686		W/m ²
Verdunstungsäquivalent der Nettostrahlung	R _{NL}	-0,473370795	0,1298	0,945	1,9117	3,2676	3,054	2,0764	1,8211	0,6291	-0,074	-0,679	-0,73		mm/d
Psychrometerkonstante	γ	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65		hPa/K
Sättigungsdampfdruck	e _{sT}	7,1	7,1	8,7	12,3	14,9	18,1	21,9	20,6	15,9	12,3	9,3	7,6		hPa
Dampfdruck der Luft	e	6,177	5,964	6,96	9,225	10,728	13,213	16,425	15,45	12,879	10,332	7,998	6,688		hPa
Windfunktion des Daltonterms (Dalton)	f(v)	0,464758002	0,4648	0,4648	0,4648	0,4243	0,3795	0,3795	0,3795	0,3795	0,3795	0,4243	0,502		Faktor
Windfunktion des Daltonterms (Penman)	f(v)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,1917	0,1533	0,1533	0,1533	0,1533	0,1533	0,1917	0,2683		
Tage/Monat	d/m	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31		d/m
Evaporation (Penmann)	E _w	-0,1	0,2	0,8	1,9	3,5	3,8	3,1	2,6	0,8	0,1	-0,3	-0,3		mm/m ² d
Evaporation (Penmann)	E _w	-3,6	6,2	24,3	56,4	109,2	114,4	96,6	81,0	24,8	2,2	-9,3	-8,1	494,0	mm/m ² m
Evaporation (Penmann)	E _w	-25,4	43,2	170,2	395,7	765,6	802,1	677,3	568,3	174,1	15,8	-65,0	-56,6	3465,2	m ³ /Gesamtseeffläche
Niederschlag/m ²	N	59	36	39	29	69	53	69	62	49	57	59	51	632,0	mm/m ²
Niederschlag/See	N	413,826	252,5	273,55	203,41	483,97	371,74	483,97	434,87	343,69	399,8	413,83	357,71	4432,8	m ³ /Gesamtseeffläche
Zufluss aus dem Einzugsgebiet	ZE	19,706	12,024	13,026	9,686	23,046	17,702	23,046	20,708	16,366	19,038	19,706	17,034	211,1	m ³
Niederschlag und Zuflüsse aus dem angrenzenden Einzugsgebiet AS (N+Z)		433,5	264,5	286,6	213,1	507,0	389,4	507,0	455,6	360,1	418,8	433,5	374,7	4210	m ³
Zufluss aus dem zufließenden Bach		59983	36600	39650	29483	70150	53883	70150	63033	49817	57950	59983	51850	582550	m ³
Wasseraustragschrate		3,2	5,3	4,9	6,5	2,7	3,6	2,7	3,1	3,9	3,3	3,2	3,7		d

14.2 Laboranalyse Teichwasser

Analysen Service GmbH

Privates Institut für Umweltanalytik

Akkreditiertes Prüflabor D-PL-18759-01-00

Prüfbericht

Auftrag: 26.07.2016
Aktennummer: 143-16-2
Journalnummern: 8658 - 8660
Auftraggeber: POLYPLAN GmbH
Überseetor 14, 28217 Bremen
Projekt: Burgdorf B418
Probenart: Wasser
Probenahme: Auftraggeber
Probeneingang: 28.07.2016
Prüfzeitraum: 29.07.2016 bis 03.08.2016

Dieser Bericht enthält 2 Seiten.

Prüfspezifikation/Prüfverfahren:

Analyse	Methode
P gesamt	DIN EN 6878 D11-6
ortho-PO4-P	DIN EN 6878 D11-6
Eisen gesamt	DIN 38406 E32
Eisen gelöst	DIN 38406 E32
TOC	DIN EN 1484 H3
Ammonium	DIN EN ISO 11732 E23
N gesamt	DIN EN ISO 11905-1
Nitrat	DIN EN ISO 10304 (IC)
Nitrit	DIN EN ISO 10304 (IC)

Analysen Service GmbH
Mühlenstraße 6
17217 Penzlin
Telefon: 0 39 62 / 21 03 48
Fax: 0 39 62 / 21 00 42
e-mail: Analysen.Service.GmbH@t-online.de

Müritz-Sparkasse
Kto.-Nr. 0641009313, BLZ 150 501 00
IBAN: DE13 1505 0100 0641 0093 13
SWIFT BIC: NOLADE21WRN

Geschäftsführer:
Arne Lindau
St.-Nr. 075/105/02927

Amtsgericht
Neubrandenburg
HRB 4201

Ergebnisse:

Identifikation		Zulauf	MP 1	MP 2
JNR		8658	8659	8660
P gesamt	mg/l	0,030	0,012	0,015
ortho-PO4-P	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005
Eisen gesamt	mg/l	0,133	<0,05	0,079
Eisen gelöst	mg/l	0,051	<0,05	<0,05
TOC	mg/l	14	13	11
Ammonium	mg/l	0,068	0,046	0,048
N gesamt	mg/l	1,00	x	x
Nitrat	mg/l	<0,25	1,33	0,443
Nitrit	mg/l	0,028	0,032	0,032

X: Lt. Auftrag nicht bestimmt; El: Eluat; TS: Trockensubstanz; OS: Originalsubstanz; i.A. im Aufschluss

Bemerkung: x = konnte nicht bestimmt werden, zu wenig Probematerial!

Unteraufträge:

Archivierung: Prüfgegenstand: Feststoffe - 6 Monate
Wasser/Eluat - keine
Daten/Bericht: unter o.g. Aktennummer
archiviert

Bearbeiter:

Datum: 03.08.2016

Hinweise: Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den oben angeführten Prüfgegenstand. Dieser Bericht darf nicht auszugsweise ohne Zustimmung des Labors vervielfältigt werden.


S. Unger
Laborleiter


E. Schreiber
Qualitätssicherung

14.3 Sequentielle Phosphoranalyse



Prüfberichtsnummer: AR-16-DY-011289-01
Seite 1 von 2

Eurofins Umwelt Nord GmbH - Westerbreite 7 - D-49084 - Osnabrück

Polyplan GmbH
Überseetor 14
28217 Bremen

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 31620353
Prüfberichtsnummer: AR-16-DY-011289-01

Auftragsbezeichnung: Chemische Analyse
Anzahl Proben: 2
Probenart: andere feste Stoffe
Probenehmer: Auftraggeber
Probeneingangsdatum: 29.07.2016
Prüfzeitraum: 29.07.2016 - 02.09.2016

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Proben nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag genommen wurden, wird die Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme abgelehnt. Dieser Prüfbericht ist nur mit Unterschrift gültig und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie jederzeit unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Anhänge:
31620353

Christine Berkemeier
Prüfleitung
Tel. +49 541 750 4159

Digital signiert, 05.09.2016
Dennis Lorenz
Prüfleitung

Eurofins Umwelt Nord GmbH
Stedinger Strasse 45a
D-26135 Oldenburg

Tel. +49 441 21830 0
Fax +49 441 21830 12
info.oldenburg@eurofins-umwelt.de
www.eurofins.de/umwelt.aspx

GF: Olaf Meyer
Amtsgericht Oldenburg HRB 141367
USt.-ID.Nr. DE 228 91 2525

Bankverbindung: NORD LB
BLZ 250 500 00
Kto 150 784 890
IBAN DE30 250 500 00 0150 784 890
BIC/SWIFT NOLA DE 2HXXX

				Probenbezeichnung		Sediment- probe I	Sediment- probe II
				Probennummer		316074803	316074804
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit		
Sonstige Parameter							
Analyse	FR/f		Hausmethode			siehe Anhang	siehe Anhang

Erläuterungen

BG: Bestimmungsgrenze

Lab.: Kürzel des durchführenden Labors

Akkr.: Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Die mit FR gekennzeichneten Parameter wurden von Eurofins Umwelt Ost GmbH (Bobritzsch-Hilbersdorf) analysiert.

/f: Die Analyse des Parameters erfolgte in Fremdvergabe.

Anhang zu Prüfbericht AR-16-DY-011289-01 : 31620353

EUROFINS Umwelt Ost GmbH
Ndl Freiberg

Tabelle Analysenergebnisse

Probe		Sedimentprobe I	Sedimentprobe II
Labor-Nr :		316074803	316074804
Parameter	Einheit		
Trockenrückstand	Ma -% OS	50,0	50,0
Glühverlust	Ma -% TS	34,2	25,7
Bestimmung aus dem Königswasseraufschluss			
Phosphor gesamt	mg/kg TS	400	2060
<u>Sequentielle Extraktion nach PSENNER</u> <u>modifiz. nach HUPFER</u>			
Extrakt SE 1 (NH₄Cl-P-Fraktion) (TP-Messung)			
Phosphor (TP)	mg/kg TS	< 20	< 20
Extrakt SE 2 (BD-P-Fraktion) (TP-Messung)			
Phosphor (TP)	mg/kg TS	165	231
Extrakt SE 3 (NaOH-SRP, NRP-Fraktion) (TP-Messung) (SRP-Messung)			
Phosphor (TP)	mg/kg TS	170	1650
ortho-Phosphat (SRP)	mg/kg TS	492	4760
ortho-Phosphat-Phosphor (SRP)	mg/kg TS	160	1550
Phosphor (NRP)	mg/kg TS	10	100
Extrakt SE 4 (HCl-P-Fraktion) (TP-Messung)			
Phosphor (TP)	mg/kg TS	< 20	< 20
Extrakt SE 5 (Residual-P-Fraktion) (TP-Messung)			
Phosphor (TP)	mg/kg TS	< 20	< 20

TS – Trockensubstanz
OS - Originalsubstanz

Prüfbericht-Nr 31620353

Seite 3 von 3 Seiten

3 / 3

14.4 P-Bilanzmodell

Tabelle 15 Phosphor-Bilanzmodell

Parameter + Einheit																
Gesamtoberfläche		7.014,00														
Seegrund																
Maximale Tiefe		1,20														
Mittlere Tiefe		0,60														
Volumen		6.413														
Volumen Epilimnion																
Volumen Mesolimnion																
Volumen Hypolimnion																
P-Start Epilimnion		21														
P-Start Hypolimnion																
Säurekapazität (KCS 4.3)																
Parameter + Einheit		Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	T	Y (kg/d)	Quelle
Niederschlag See		414	251	274	203	484	372	484	415	244	400	414	358	443,25	25518,0	Niederschlagsdaten Mannover/Burgdorf Referenzwert: LAWA (1999)
Niederschlag Einzugsgebiet		20	12	13	10	23	18	23	21	16	19	20	17	211,09	1470,00	Niederschlagsdaten Bremen Referenzwert: LAWA (1999)
Zufluss 1 (Bach)		59583	36600	38650	29483	70150	53883	70150	63033	49817	57950	59983	51850	642533,33		
Zufluss 2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Grundwasser		0	0	0	183	259	413	170	113	0	0	0	0	0,00		#BEZUG!
Sediment Rücklösung (Epi)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00		
Sediment Rücklösung (Hypo)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00		
Gänge		127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	0,00		Schätzung auf Grundlage von Referenzen
Badegäste		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00		Literaturwert: Ritterbusch (2013)
Gesamteintrag Epilimnion		60417	36865	39937	29879	70916	54685	70827	63602	50177	58369	60417	52225	648314		Schätzung
P-Rücklösung		1825286	1113734	1206545	897175	2134657	1639664	2134657	1918097	1515916	1763412	1825286	1577790	19552218	19,55	
P-Rücklösung in Lake		30212	30212	30212	30212	30212	30212	30212	30212	30212	30212	30212	30212	30212	362	
Parameter + Einheit		Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	T	Y (kg/d)	
Theoretischer P-Brutto Sedimentationskoeffizient		0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	1,1E+01		Literaturwert: Lake SIMPL
P-Rücklösung		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0E+00		
Netto P-Sedimentationskoeffizient		0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	1,1E+01		
P-Rückhalt durch tierische und pflanzliche Fixierung		0,00	0,00	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00		Geschätzt auf Grundlage der Messwerte
Netto P-Sedimentation		27	27	27	26	26	27	27	27	27	27	27	27	218,2	2,0	
Abfluss durch Niederschlag (inkl. Evaporation)		433,53	221,29	116,35	0,00	-258,60	0,00	0,00	-112,76	186,00	493,07	433,53	374,75	1797,158686		
Abfluss 2		21	51	82	112	142	172	202	232	262	293	323	353	2244,113845		
Abfluss 1		21	51	82	112	142	172	202	232	262	293	323	353	1891,186328		
Gesamtabfluss		1128330,8	1894863	3247821	3291278	9910664	9256321	14164927	14602694	13115346	17086333,58	19897488,31	112218,8813	107468022,6	214,936045	
P-Abfluss		21,249544	51,46108	81,67261	111,6995	141,8009	171,7845	201,9234	231,0814	262,2929	292,5044498	322,7159837	352,849439			
Parameter + Einheit		v12	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	T	Y (kg/d)
Sicherheitsfaktor																
Modelwerte P-Konz.			21	21	19	17	16	16	14	14	15	17	20	21		