

- Abschlussbericht -

Maßnahmen zur Seenrestaurierung am Waidsee, Stadt Weinheim



Ottersberg, Juni 2017

- Abschlussbericht -

Maßnahmen zur Seenrestaurierung am Waidsee, Stadt Weinheim

Auftraggeber: Stadt Weinheim
Grünflächen- und Umweltamt
Umweltschutzabteilung
Obertorstraße 9
69469 Weinheim

Auftrag: gemäß Angebot AB-2015-011 vom 20. März 2015

Bearbeiter: Dipl. Biol. Dr. Said Yasseri
Dipl.-Landsch.-Ökol. Tim Epe
B.Sc. Biol Philipp Ross



Dr. Said Yasseri

Tim Epe

Philipp Ross

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung und Veranlassung	2
2.	Ablauf der Restaurierungsmaßnahme	3
3.	Gewässermonitoring und Untersuchungsumfang	5
4.	Untersuchungsergebnisse	6
	- Sichttiefe	6
	- Sauerstoff und Temperatur.....	6
	- pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit.....	7
	- Redoxpotential	9
	- Metalle und „interne Düngung“	10
	- Phosphor (P).....	11
	- Stickstoff (N).....	12
	- Chlorophyll-a (Chl-a) und Phytoplanktongemeinschaft.....	15
5.	Zusammenfassende Bewertung.....	17
6.	Anhang	20

1. Einleitung und Veranlassung

Der Waidsee liegt im Südwesten von Weinheim und ist ca. 24 ha groß. Seine maximale Tiefe beträgt ca. 28 m. Er wird von Bäumen gesäumt und ist von einem Rundweg umgeben. Landwirtschaftlich genutzte Flächen und Wohnbebauung liegen im Umfeld des Sees (Abb. 1). Er entstand in den 70er Jahren durch Kiesabbau für die im Westen angrenzende Autobahn A5. An der östlichen Seite erstreckt sich das Strandbad Waidsee mit künstlich angelegtem Strand und Liegewiesen. Der Waidsee ist ein beliebter Badesee und wird auch von einem Angelverein, einer Tauchsportclub und einem Segelclub genutzt.

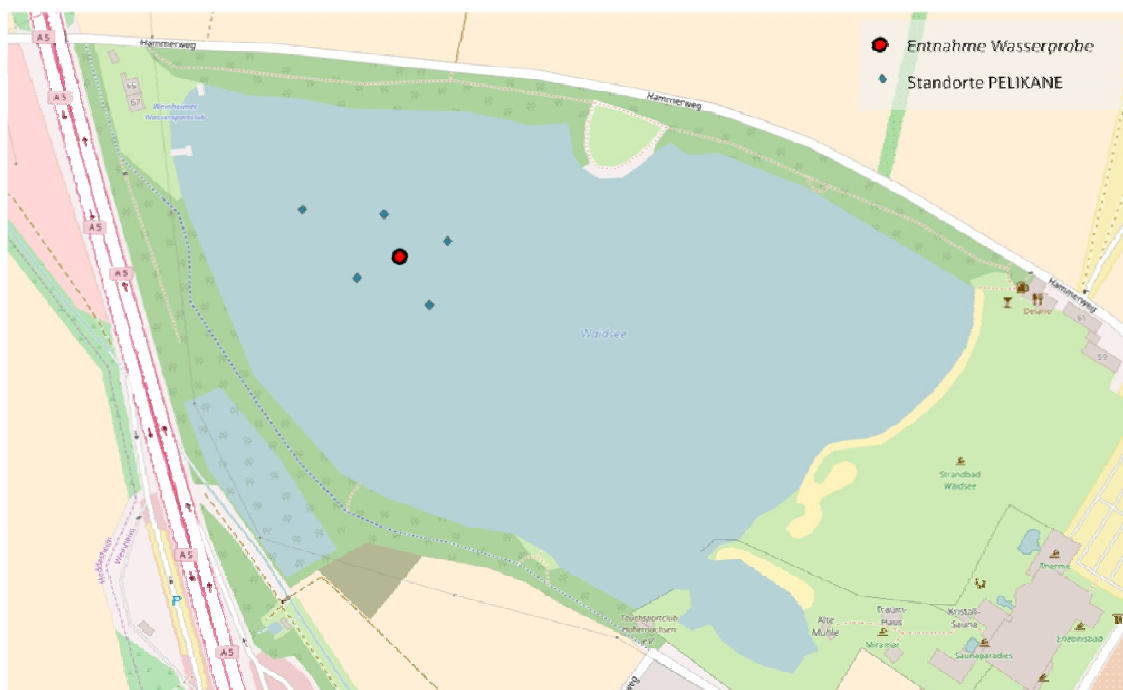


Abb. 1: Übersichtsplan des Waidsees und Lage der Probenahmestelle in 2016/2017
(Quelle: <https://www.openstreetmap.de>)

Untersuchungen der letzten Jahre zeigten, dass sich ein Teil des Phosphats aus dem Waidsee-Sediment rückgelöst hatte, so dass hohe Phosphat-Konzentrationen im Tiefenwasser gemessen wurden. In den Herbst- und Wintermonaten konnten die Nährstoffe nach der Durchmischung des Wasserkörpers teilweise in die oberen Wasserschichten gelangen. Dies führte im darauffolgenden Sommer, während der Badesaison, zu einem stärkeren Algenwachstum. Diese Entwicklung verstärkte sich seit etwa 15 Jahren und sorgte bereits für eine Verschlechterung der ökologischen Wasserqualität des Waidsees.

Die auf dem See installierten autarken Phosphateliminierungsanlagen (PELIKAN) haben - und werden auch in Zukunft - für einen Status quo bei der Wasserqualität sorgen, doch sie konnten und können nicht den immensen Nährstoffpool im Sediment behandeln. Um den Kreislauf der so genannten „internen Düngung“ zu unterbrechen und die bisherige Nutzung des Waidsees weiterhin zu sichern, sollten Restaurierungsmaßnahmen den Hauptnährstoff Phosphat binden.

Im Februar 2016 wurden dazu 94 t des Tonminerals Bentophos[®], welches zu 5% mit Lanthan-Ionen angereichert ist, in den See eingebracht. Im Wasser binden die Lanthan-Ionen den Algennährstoff Phosphat, so dass dieser den Algen im folgenden Sommer nicht mehr als Nahrung zur Verfügung steht. Zudem werden die überschüssigen Phosphate im Sediment des Sees festgelegt und eine Rücklösung weitgehend und dauerhaft unterbunden.

2. Ablauf der Restaurierungsmaßnahme

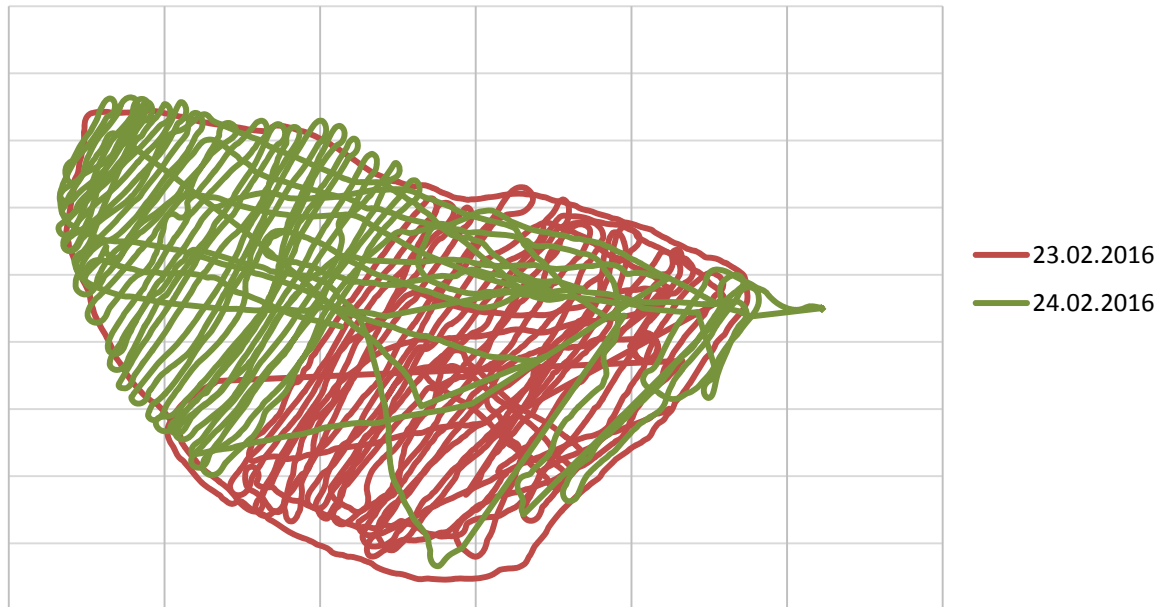
Die Ausbringung des Bentophos fand plan- und beschreibungsgemäß an 6 Werktagen statt (Tab. 1). Das Material wurde im nordöstlichen Bereich des Strandbades mit Hilfe eines Radladers auf eine mobile Plattform geladen. Auf dieser wurde das Granulat in Suspension gebracht und über einen Sprühbalken in den Wasserkörper appliziert. Die Plattform wurde während dessen in engen Bahnen über den Waidsee gefahren, der Weg, den sie dabei zurücklegte, wurde in GPS-Daten gespeichert (Abb. 2 und 3). In der Phase der Ausbringung herrschten ideale Bedingungen und weder Wind noch Eis konnten die Arbeiten auf dem Wasser und die fachgerechte Ausbringung des Phosphatbinders beeinträchtigen.

Tab. 1: Ausgebrachte Menge Bentophos pro Werktag (in Paletten und Tonnen)

Tag	Datum	Paletten	Tonnen
Montag	22.02.2016	1 (Systemstest)	1,05
Dienstag	23.02.2016	14	14,7
Mittwoch	24.02.2016	17,5	18,375
Donnerstag	25.02.2016	22,5	23,625
Freitag	26.02.2016	19	19,95
Samstag	27.02.2016	16	16,8
Summe		90	94,5

Während der Ausbringung verlief die Zusammenarbeit mit Behörden, den verschiedenen Nutzergruppen des Sees und der Presse reibungslos. Einige Bilder von den Arbeiten am See finden sich auch im Anhang.

Waidsee Applikation; 23. u. 24.02.



Waidsee Applikation; 25. - 27.02.

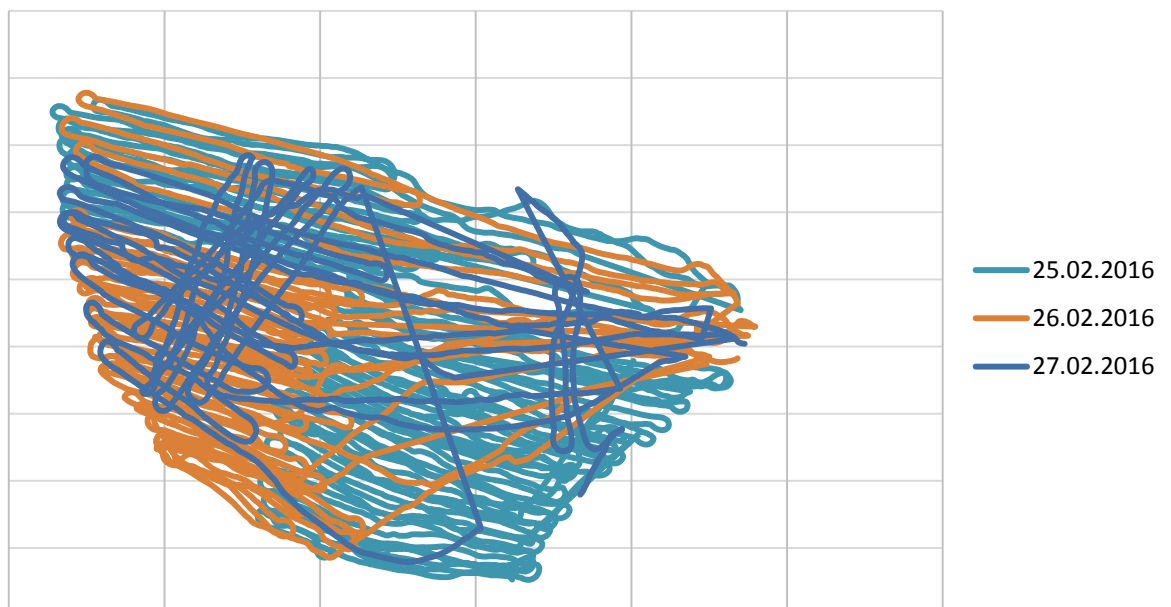


Abb. 2 und 3: Schematische Darstellung der aufgezeichneten GPS-Tracks der Applikations-tage. Zu Grunde liegen Breitengrade (y-Achse) und die Längengrade (x-Achse).

3. Gewässermonitoring und Untersuchungsumfang

Im Rahmen des Monitorings wurden am 07.01., 22.02., 14.04., 31.05., 16.08., 17.11.2016 und am 15.03.2017 Probenahmen im Waidsee durchgeführt. Die Probenahmen erfolgten im tiefsten Bereich des Sees. An den Untersuchungsterminen wurde die Sichttiefe bestimmt und in Abständen von 1 m wurden Tiefenprofile von pH-Wert, Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt, Sauerstoffsättigung, elektrischer Leitfähigkeit und dem Redoxpotential aufgenommen (Tab. 2 Vorortmessung). Am 17.11. war die Aufnahme der Vorortparameter nicht möglich.

Tab. 2: Parameterumfang, Methoden und Einheiten der Wasserproben am Waidsee

Parameter	Methode	Einheit
Vorortmessung		
pH-Wert (Vorortmessung)	ISO 10523-C5:2012-04	
Wassertemperatur (Vorortmessung)	DIN 38404-C4:1976-12	°C
Sauerstoff, gelöst (Vorortmessung)	ISO 5814:2013-02	mg/l
Sauerstoffsättigung	EN 25814-G22:1992-10	%
elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C (Vorortmessung)	EN 27888-C8:1993-11	µS/cm
Sichttiefe Secchi (Vorortmessung)	ISO 7027-C2:2000-04	m
Redoxpotential	DIN 38404-C6:1984-05	mV
A		
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ -N)	ISO 11732-E23:2005-05	mg/l
Nitrit-Stickstoff (NO ₂ -N)	ISO 13395-D28:1996-12	mg/l
Nitrat-Stickstoff (NO ₃ -N)	ISO 13395-D28:1996-12	mg/l
Stickstoff (Gesamt-N; TNb)	EN 12260-H34:2003-12	mg/l
Sulfat	ISO 10304-1-D20:2009-07	mg/l
ortho-Phosphat-Phosphor (PO ₄ -P)	ISO 6878-D11:2004-09	mg/l
Phosphor (Gesamt-P)	ISO 6878-D11:2004-09	mg/l
Kohlenstoff (Gesamt; TC)	EN 1484-H3:1997-08	mg/l
organischer Kohlenstoff (TOC; Ausblasmethode)	EN 1484-H3:1997-08	mg/l
gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)	EN 1484-H3:1997-08	mg/l
Kieselsäure (als SiO ₂)	DIN 38405-D21:1990-10	mg/l
B		
Chlorophyll A	DIN 38412-L16:1985-12	µg/l
Phaeopigmentgehalt	DIN 38412-L16:1985-12	µg/l
Zooplankton (Zusammensetzung)	Hausmethode	-
Säurekapazität bis pH 4,3	DIN 38409-H7:2005-12	mmol/l
Basenkapazität bis pH 8,2	DIN 38409-H7:1979-05	mmol/l
Phytoplankton (Algenklassen)	Hausmethode	-

Zudem wurde Wasser in tiefengestuftem Abständen (1 m, 6 m, 12 m, 14,5 m, 16 m, 19 m, 23 m) zur Ermittlung der in Tabelle 2 unter Rubrik A dargestellten Parameter entnommen. Die Parameter der Rubrik B wurden dabei lediglich in 1 und 23 m Tiefe aufgenommen.

4. Untersuchungsergebnisse

- Sichttiefe

Die Sichttiefe wird z.B. durch Phytoplanktonwachstum, mineralische Partikel, aber auch durch die natürliche Färbung des Wassers beeinflusst. Auch äußere Einflüsse, wie Regen und Wind, wodurch Trübstoffe in den See hinein gespült oder aufgewirbelt werden, üben Einfluss auf die Transparenz des Wassers aus.

Die Sichttiefe im Waidsee betrug in 2016 im Durchschnitt 3,9 m. Hohe Werte wurden im Frühjahr gemessen, mit 5 m (Januar), 3,4 m (Februar) und 4,7 m (April). Im Mai verringerte sich die Sichttiefe auf 1,8 m und stieg bei den letzten Messungen im August (4,6 m) und im November (3,7 m) wieder an. Die Messung im März 2017 ergab 2,8 m.

- Sauerstoff und Temperatur

Im Februar 2016 war der See thermisch durchmischt (mittlere Temperatur 5,6°C). Im Jahresverlauf erwärmte sich der obere, lichtdurchflutete Wasserkörper (Epilimnion), so dass sich eine Schichtung entwickelte. Die Sprungschicht, in welcher sich das Wasser mit zunehmender Tiefe stark abkühlt, begann im Mai und August bei etwa 5 m Tiefe. Auffällig war die annähernd konstante Temperatur des Tiefenwassers (Hypolimnion) ab 19 m Tiefe (Abb. 4).

Im Februar vor der Ausbildung der Wasserschichtung, war das Tiefenwasser trotz thermischer Durchmischung ab 18 m sauerstofffrei. Im Jahresverlauf wuchs die sauerstofffreie Zone und begann im August bereits in etwa 11 m Tiefe. Oberflächennah entwickelten sich im April die höchsten Sauerstoffsättigungen infolge der Phytoplankton-Frühjahresblüte (Abb. 5). In den Sommermonaten kam es in Tiefen zwischen 5 und 9 m zur Anreicherung von Sauerstoff durch eine

Einschichtung von Grün- und/oder Kieselalgen, welche bei der Photosynthese Sauerstoff ins Wasser abgeben.

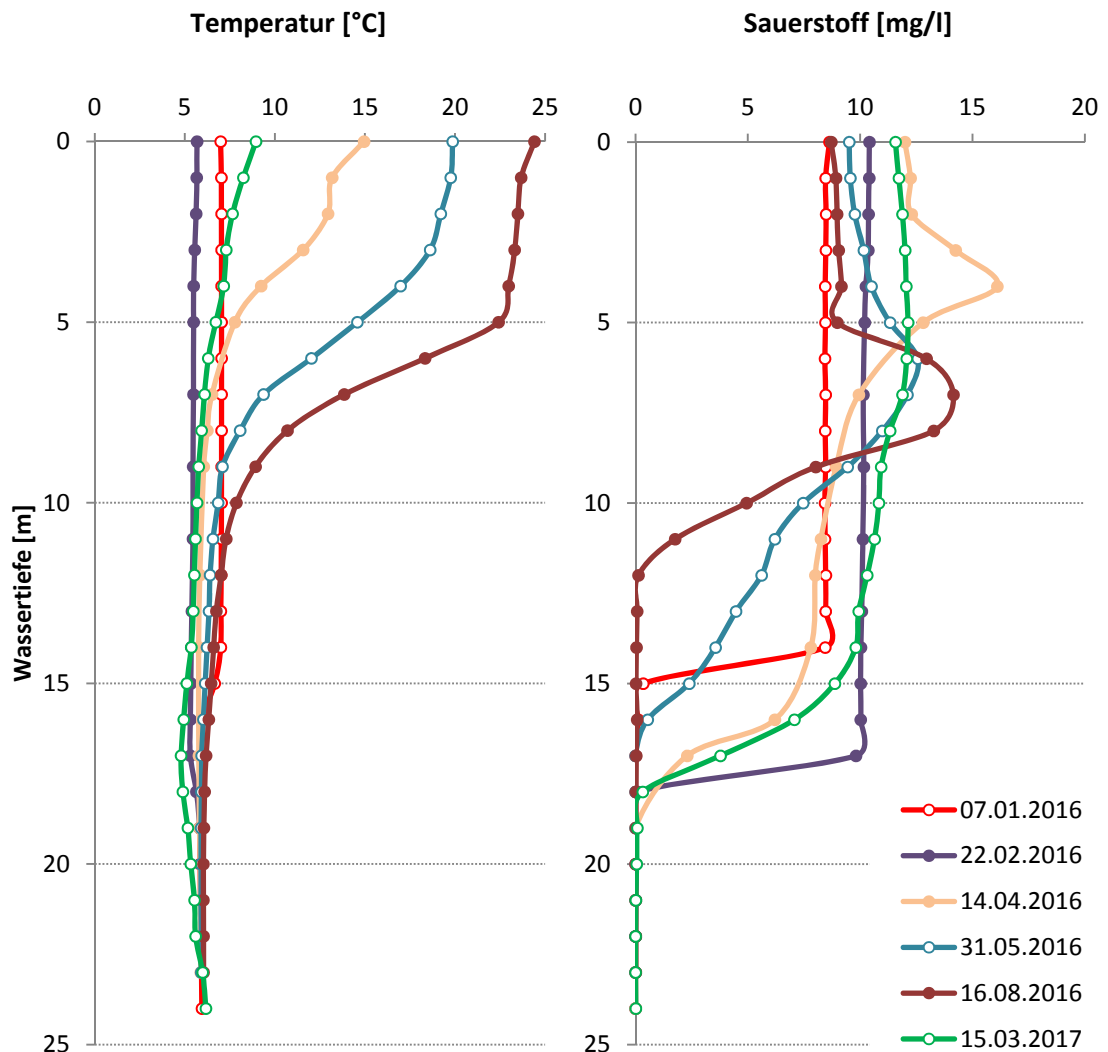


Abb. 4 und 5: Temperatur- und Sauerstoffprofile im Waidsee im Untersuchungszeitraum

- pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit

Im Waidsee stiegen die pH-Werte oberflächennah im Verlauf des Jahres an. Dies geschieht in der lichtdurchfluteten Zone durch die Photosynthese von Algen (z.B. im April) oder auch durch Makrophyten. Im April wurden die höchsten pH-Werte (um 9,2) gemessen und auch im Mai und August lagen die Werte oberflächennah um pH 9. Mit zunehmender Tiefe schwindet das Licht und die Anzahl sauerstoffproduzierender Algen nimmt ab. Im Tiefenwasser überwogen mikrobielle Zehrungsprozesse, so dass die Konzentration saurer Verbindungen (CO₂; NH₄) dort

zunehm. Infolgedessen sank auch der pH-Wert mit zunehmender Tiefe (Abb. 6) ab. Im Tiefenwasser des Waidsees lagen die pH-Werte zwischen 7,4 und 6,6.

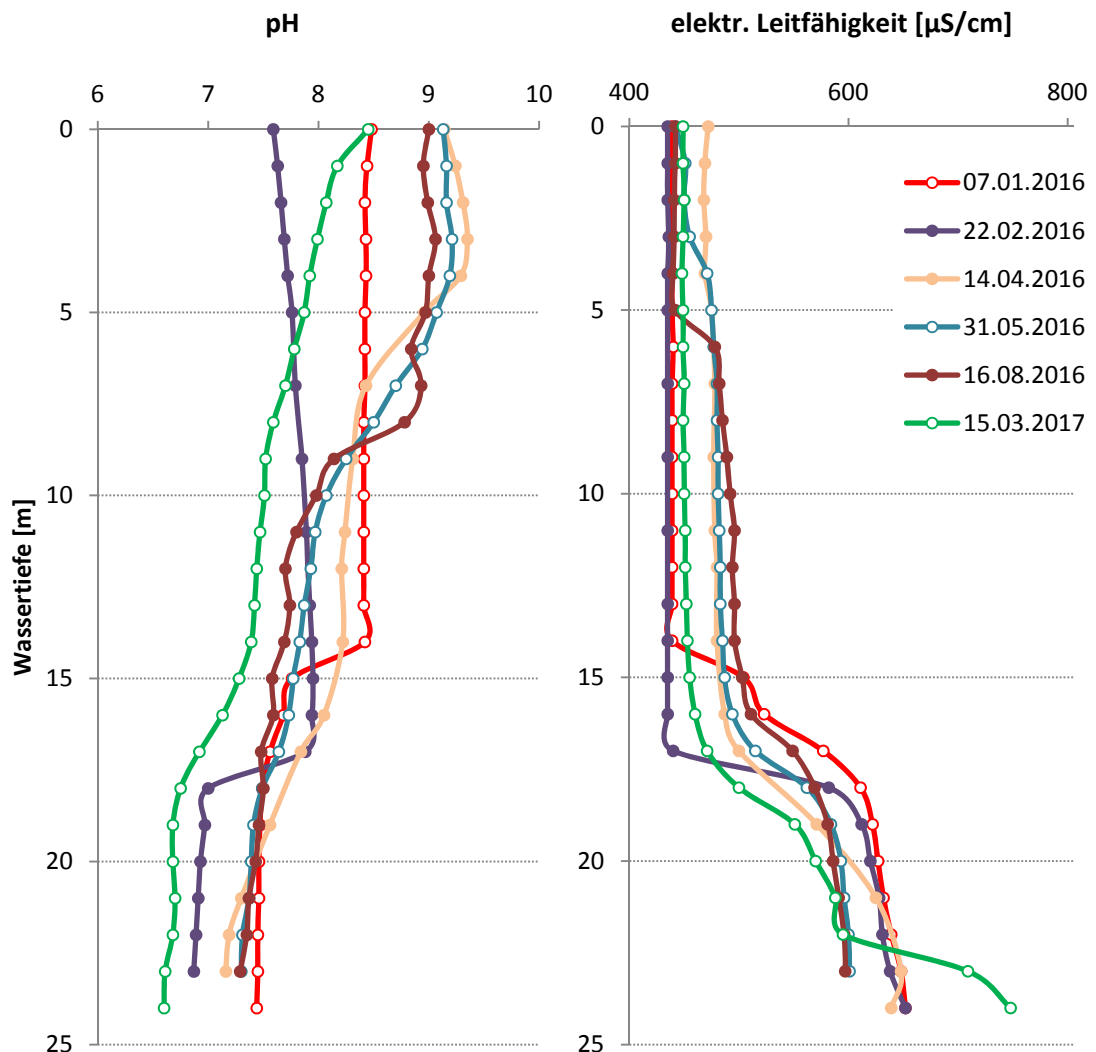


Abb. 6 und 7: Profile von pH-Wert und Leitfähigkeit im Waidsee im Untersuchungszeitraum

Die elektrische Leitfähigkeit beschreibt die Ionenkonzentration im Wasser (Abb 7). Die Werte lagen im Epilimnion zwischen 440 und 500 µS/cm. In einem Tiefenbereich zwischen 15 und 17 m stiegen die Leitfähigkeitswerte an und erreichten an der tiefsten Stelle Werte zwischen 640 und 740 µS/cm. Je länger das Tiefenwasser nicht mit Wasser aus oberen Schichten vermischt wird, desto größer ist der Anstieg der Ionenkonzentration durch Rücklösung und mikrobielle Abbauprozesse. Hohe Leitfähigkeiten im Tiefenwasser deuten darauf hin, dass trotz der einheitlichen Temperatur im Februar 2016 und März 2017, keine vollständige Durchmischung des Wasserkörpers stattfand.

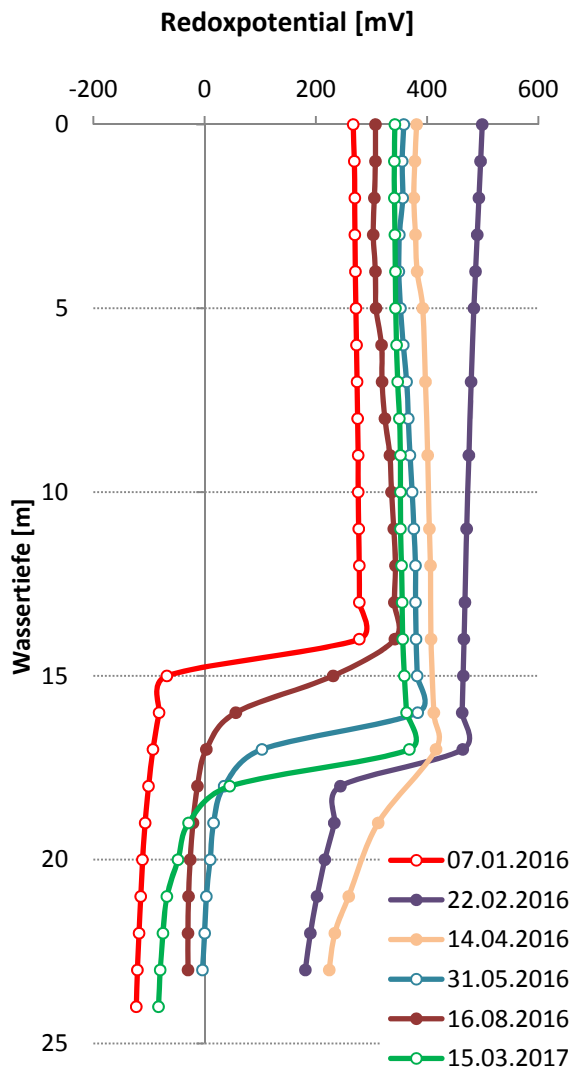


Abb. 8: Profil der Redoxpotentiale

- Redoxpotential

Das Redoxpotential gibt Aufschluss über die Menge oxidierender und reduzierender Verbindungen im Wasser und ist somit u.a. auch ein Maß für die Intensität von mikrobiellen Zehrungsprozessen.

Sobald in einem Gewässer der gelöste Sauerstoff (in mg/l, siehe Abb. 5) verbraucht ist, wird auch der chemisch gebundene Sauerstoff „veratmet“. Verbindungen wie Nitrat (NO₃) und Sulfat (SO₄) werden dabei genutzt und nach vollendeter Nutzung zu atmosphärischem Stickstoff (N₂) bzw. Sulfid (S⁻) reduziert.

Im Hypolimnion des Waidsees nimmt die Sulfat-Konzentration deshalb im Jahresverlauf ab. Sulfide gehen im Tiefenwasser Verbindungen mit Eisen und Wasserstoff ein - die toxische

Verbindung Schwefelwasserstoff (H₂S) verursacht einen deutlich fauligen Geruch. Je stärker diese mikrobiellen Zehrungsprozesse sind, umso mehr sinkt das Redoxpotential ab. Je niedriger das Redoxpotential ist, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass Nährstoffe aus den Sedimenten rückgelöst werden.

Das Redoxpotential lag im oberen Wasserkörper zwischen ca. 170 mV (April) und ca. 480 mV (Februar). In einem Tiefenbereich zwischen 15 und 17 m nahmen die Werte stark ab und lagen an der tiefsten Stelle zwischen ca. - 100 mV (Januar) und ca. 200 mV (Februar).

- Metalle und „interne Düngung“

Durch die oben beschriebenen Rücklösungsprozesse und die niedrigeren pH-Werte waren im Tiefenwasser des Waidsees Metalle in höherer Konzentration gelöst, als im oberflächennahen Wasser des Sees. In den Sedimenten des Sees ist Eisen u.a. an Phosphat gebunden. Diese Verbindung enthält Sauerstoff und wird von Bakterien, die diesen veratmen, in der sauerstofffreien Zone aufgebrochen. Phosphat und Eisen werden frei und letzteres kann schnell von im Wasser vorhandenen Sulfiden gebunden werden. Diese Bindung ist sehr fest und selbst wenn wieder Sauerstoff in das Tiefenwasser gelangt, fehlt dem rückgelösten Phosphat Eisen als Bindungspartner. Nach einer Durchmischung des Wasserkörpers können diese Phosphate in den oberen Wasserkörper gelangen und von Algen als Nahrung aufgenommen werden. In der folgenden Vegetationsperiode ist der „Tisch dann reicher gedeckt“. Die höhere Nährstoffverfügbarkeit im See hat zur Folge, dass der Prozess (s. Abb. 9) im Folgejahr verstärkt beginnt.

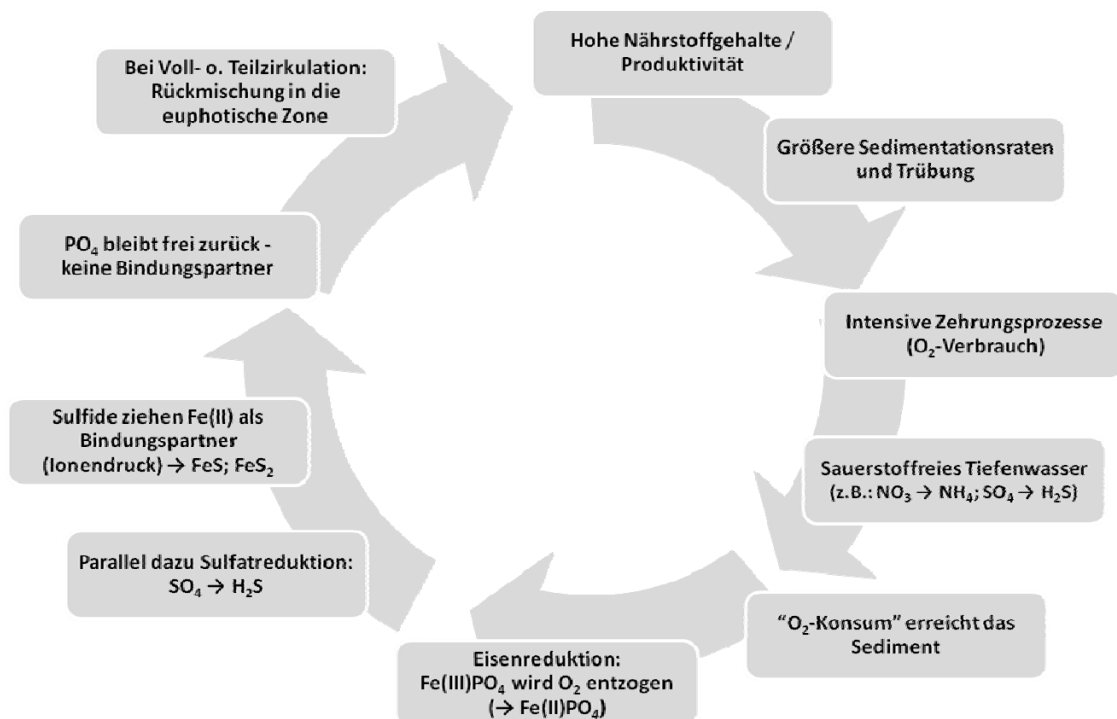


Abb. 9: Vereinfachtes Schema der P-Rücklösung (interne Düngung) aus Seesedimenten.

- Phosphor (P)

Der Nährstoff Phosphor spielt eine Schlüsselrolle im See. Für den Aufbau einer Zelle benötigen Wasserpflanzen 106 Mol Kohlenstoff (C), 16 Mol Stickstoff (N) und 1 Mol Phosphor (P) (Redfield-Verhältnis). C und N sind in Seen allgegenwärtig und verfügbar. Phosphor ist häufig limitierender Faktor und je geringer der Phosphorgehalt ist, desto geringer ist im Allgemeinen auch das Wachstum von Algen und Wasserpflanzen.

Die Phosphorgehalte des Waidsees variierten im Jahresverlauf und von Jahr zu Jahr. Mal befand sich mehr Phosphor im Sediment, mal waren größere Mengen im Wasserkörper enthalten. Zudem wurde, wie oben beschrieben, das Tiefenwasser nur unregelmäßig und offensichtlich nicht vollständig durchmischt. Für die Planung der Restaurierungsmaßnahme wurden die Untersuchungsergebnisse vom Februar 2015 zu Grunde gelegt. Die Konzentration (in mg/l) von Gesamtphosphor (TP) lag zu diesem Zeitpunkt im oberen Wasserkörper bei durchschnittlichen 0,052 mg/l - das entsprach einer absoluten Menge von 131 kg TP (Mittelwert aus 0 - 14 m Tiefe). Im Tiefenwasser lag die Konzentration bei durchschnittlichen 1,15 mg/l TP.

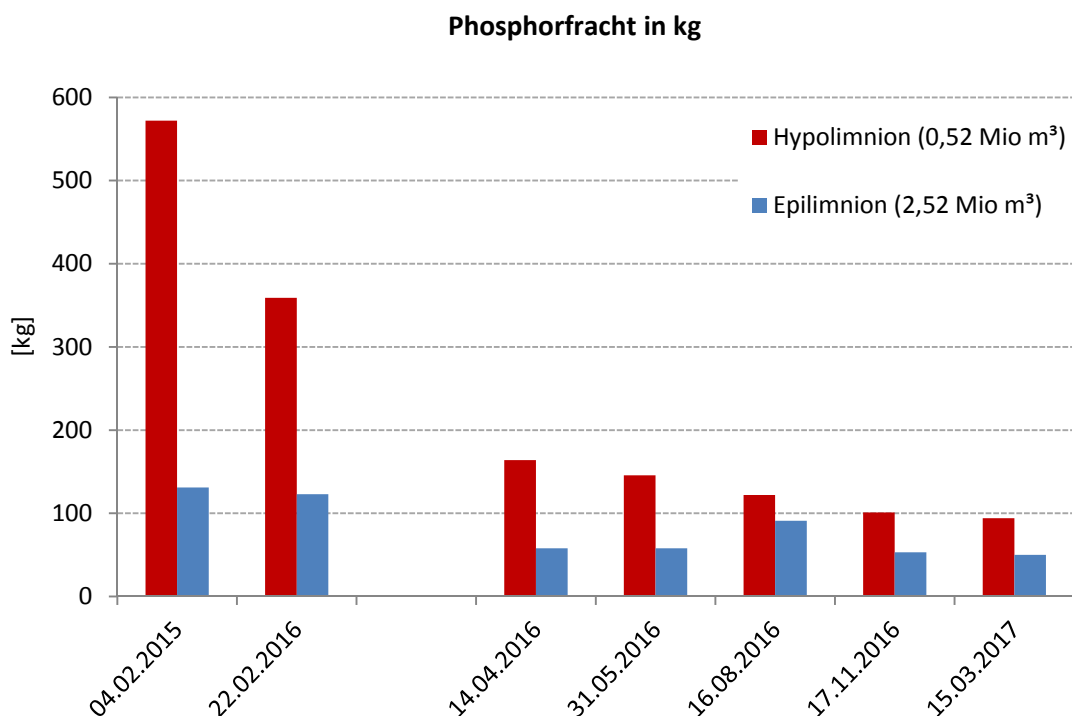


Abb. 10: Verlauf der Phosphormengen im Untersuchungszeitraum. Volumenbezogene Werte für das oberflächennahe (Mittelwerte zw. 0 und 14 m Tiefe) und das Tiefenwasser (Mittelwert 19 und 23 m Tiefe). Bentophos-Einbringung: Ende Februar 2016

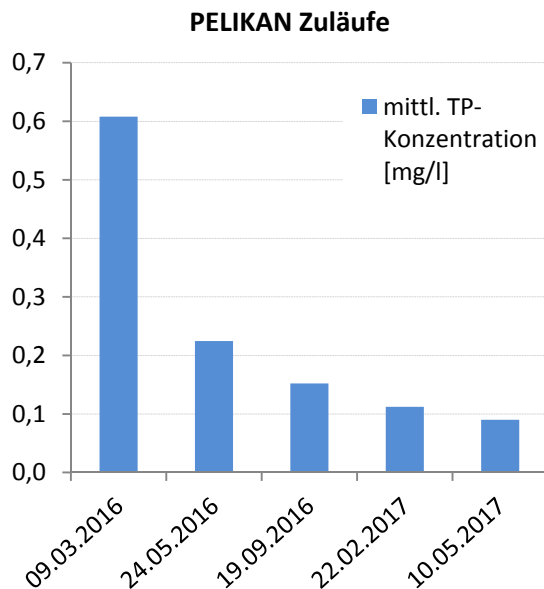


Abb. 11: Mittelwerte der Gesamtposphor (TP)-Konzentration im Zulauf der PELIKANE aus dem Tiefenwasser nach der Bentophos-Einbringung

Trotz des weitaus geringeren Wasservolumens in der Tiefe entsprach das einer absoluten Menge von 572 kg TP (Mittelwert aus 19 u. 23 m Tiefe). Die Analyse der bioverfügbaren P-Verbindungen im Sediment ergab, dass die 6 cm starke, obere Sedimentschicht 362 kg potentiell rücklösbares Phosphor enthielt.

Seit der Bentophos-Applikation haben die Phosphat- und Gesamtposphorgehalte im Tiefenwasser (23 m) deutlich abgenommen. Unmittelbar vor der Ausbringung lag die Konzentration von Gesamtposphor (TP) bei 0,69 mg/l. Im April war sie bereits auf 0,42 mg/l gesunken. Im Mai lag die Konzentration bei 0,28 mg/l, im August bei 0,25 mg/l und im November bei 0,24 mg/l. Eine weitere Messung im März 2017 ergab eine Konzentration von 0,20 mg/l. In den Vorjahren wurden gerade im Frühjahr die höchsten Phosphor-Konzentrationen gemessen.

Die Abnahme der absoluten Gesamtposphormengen (in kg) seit dem 04.02.15 ist in Abb. 10 dargestellt. Die zur Kontrolle der PELIKAN-Anlagen durchgeführten Messungen des Tiefenwassers bestätigen diesen Rückgang und deuten auch für den Zeitraum nach unserer Untersuchung auf einen weiteren Rückgang der TP-Gehalte im Tiefenwasser. Die in Abb. 11 gezeigten Daten stammen aus diesen Untersuchungen.

- Stickstoff (N)

Stickstoff ist ein weiterer wichtiger Nährstoff im Gewässer. Er ist Bestandteil von Proteinen und Aminosäuren der im Gewässer lebenden Biomasse. Das aus der Mineralisation des organischen Materials freigesetzte Ammonium (NH_4) wird

mikrobiell unter Anwesenheit von Sauerstoff zu Nitrat (NO_3) umgesetzt, welches wiederum ein wichtiger Nährstoff für Pflanzen darstellt.

Oberflächennah waren im Waidsee im Februar und April höhere Nitratgehalte nachweisbar. Dies lag an der Rückmischung von Tiefenwasser in den oberflächennahen Wasserkörper. Das Tiefenwasser enthielt hohe Ammoniumgehalte, welche wie oben beschrieben, unter Anwesenheit von Sauerstoff zu Nitrat oxidiert wurden. Die messbaren Nitritgehalte (NO_2), ein Zwischenprodukt während des Umbaus, und die gleichzeitig verringerten Ammoniumgehalte des Tiefenwassers im Februar stützen diese These. Im weiteren Jahresverlauf war Nitrat im Bereich des Metalimnions (Übergangszone zwischen dem oberen und unteren Wasserkörper) nachweisbar. Oberflächennah waren die Konzentrationen im Jahresverlauf gering, da es von Algen leicht aufgenommen werden kann. Im oberen Wasserkörper war Stickstoff zum überwiegenden Teil in der Biomasse (Phytoplankton, Zooplankton) gebunden und nicht als verfügbare anorganische Verbindung (NO_2 ; NO_3 ; NH_4) im Wasser nachweisbar (Abb. 12).

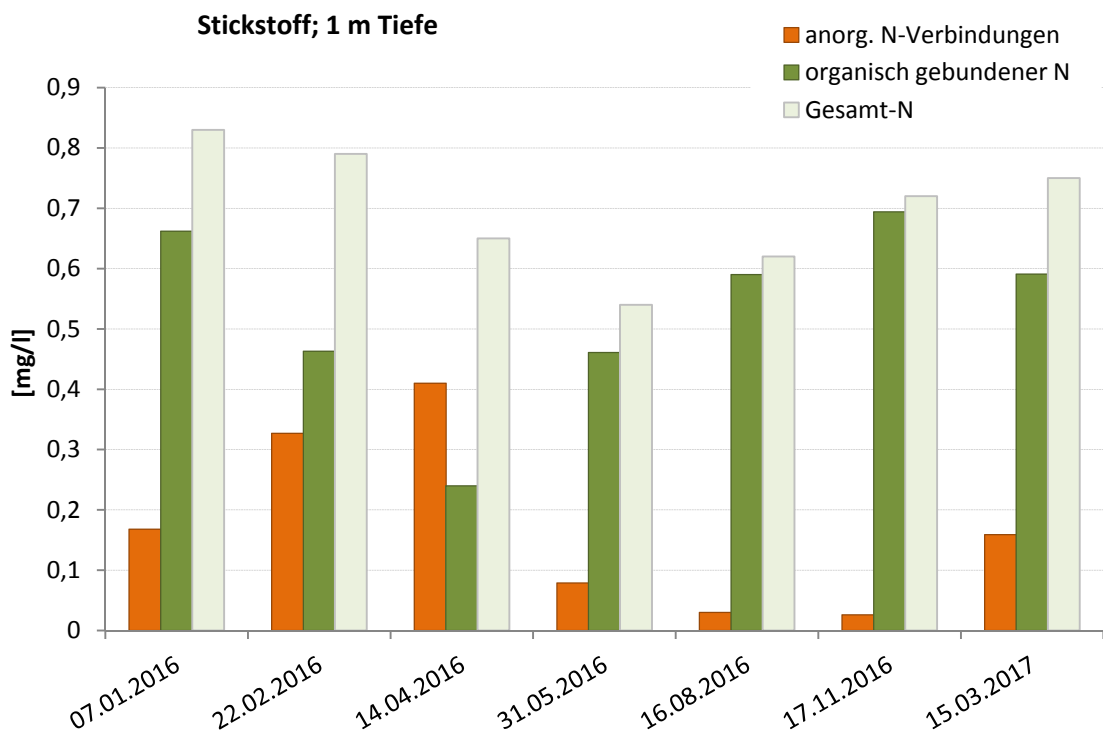


Abb. 12: Entwicklung der Gesamtstickstoffgehalte (TN), der anorganischen Stickstoffgehalte (Summe NO_3^- , NH_4^+ , NO_2^-) und der organischen Stickstoffgehalte (TN - Summe anorg. N) im Waidsee in 1 m Wassertiefe.

Im Tiefenwasser herrschte während der Wasserkörperschichtung Sauerstoffmangel, so dass der chemisch gebundene Sauerstoff im Nitrat von Bakterien „veratmet“ wurde und es dort zur Anreicherung von Ammonium kam. Aufgrund des geringeren Austausches und der bakteriellen Abbauprozesse von absterbender Biomasse in der Tiefe, lagen auch die Gesamtstickstoffgehalte im Tiefenwasser auf einem hohen Niveau.

- Chlorophyll-a (Chl-a) und Phytoplanktongemeinschaft

Die Konzentration von Chlorophyll-a im Freiwasser ist ein Maß für die Dichte an Schwebalgen und anderen photosynthetisch aktiven Organismen (z.B. Cyanobakterien und Schwefelbakterien). Die Verteilung der Organismen wurde durch eine Profilmessung mit Hilfe einer Chlorophyll-Messsonde tiefengestuft erfasst.

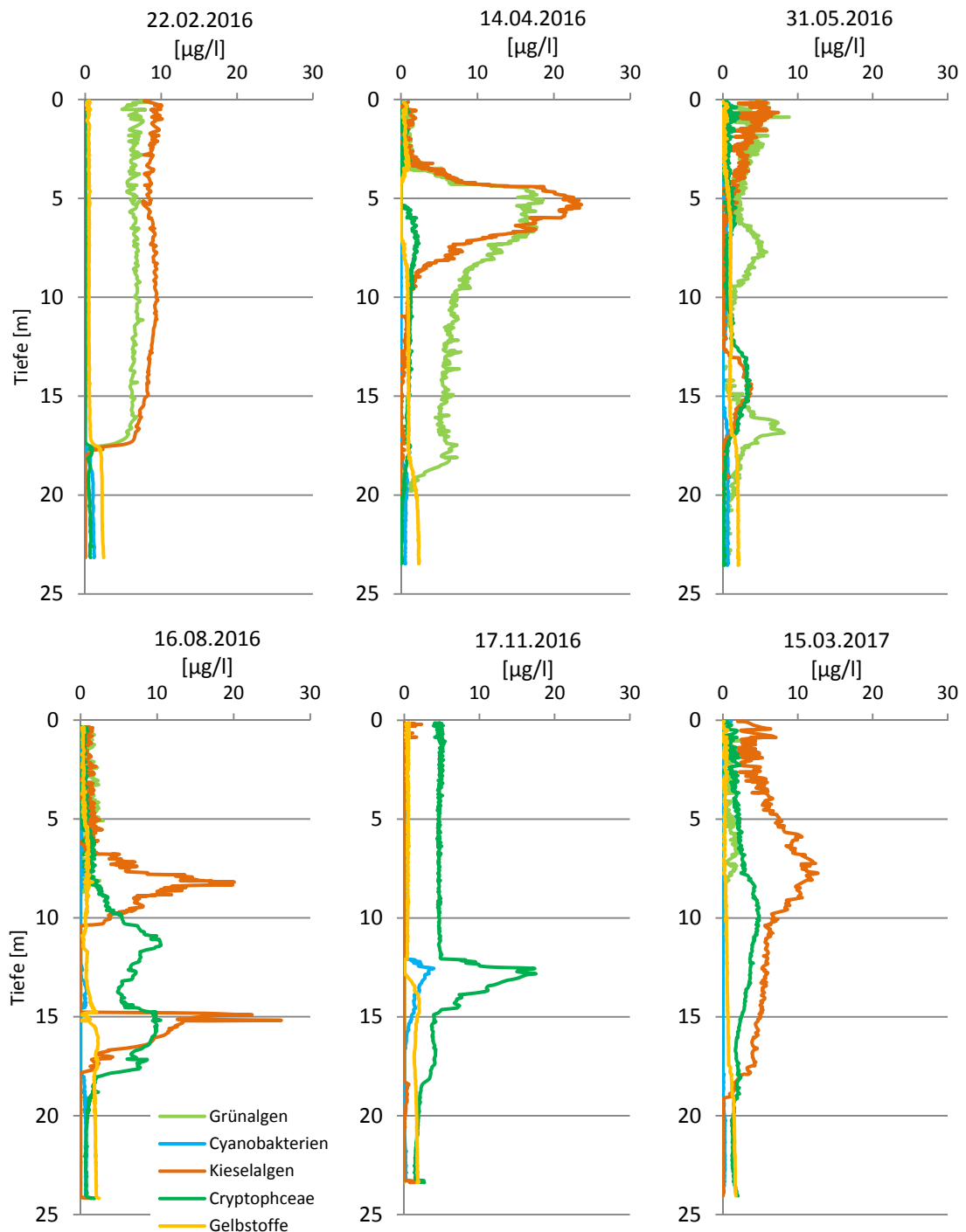


Abb. 13: Vertikalprofile verschiedener Algengattungen im Waidsee in 2016/2017 (gemessen mit einer *fluoroprobe*-Messsonde, bbe-moldaenke)

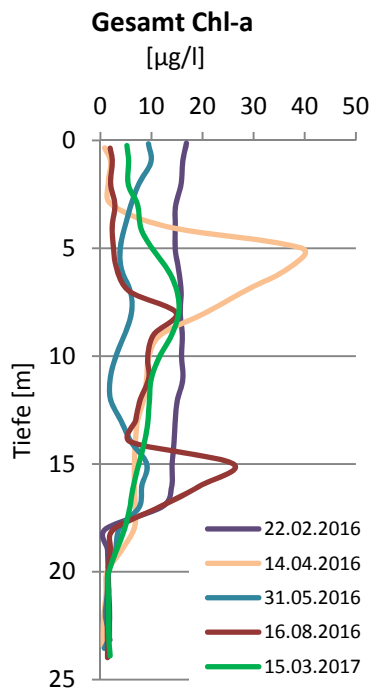


Abb. 14: Vertikalprofile der Gesamt Chl-a Konzentration (Mittelwerte; fluoroprobe)

Im Waidsee lagen die Chl-a - Gehalte im oberflächennahen Wasser an allen Terminen auf einem niedrigen Niveau. Auch die verhältnismäßig hohen Sichttiefen des Sees verdeutlichen dies. Im Frühjahr sind die Konzentrationen zwar etwas höher, dennoch wurde die relativ geringere Sichttiefe im Mai (1,8 m) nicht durch eine Algenblüte ausgelöst. Möglicherweise fand zu diesem Zeitpunkt eine Calzitfällung statt, die den Wasserkörper eintrübte. Dies ist ein normaler Vorgang, der von höheren pH-Werten ausgelöst wird.

Mit zunehmender Tiefe kam es vereinzelt zu Einschichtungen von Algen, die in diesen Bereichen optimale Bedingungen vorfanden. Im

Bereich des Hypolimnions, in dem sich Temperatur und somit auch die Dichte des Wassers stark ändert, kommt es häufig zu einer Anreicherung von Partikeln und absterbenden Algen. Diese Zone ist zudem stark von Bakterien und Mikroorganismen besiedelt. Im Waidsee ist dies beispielsweise am 16.08. an dem Peak in 15 m Tiefe erkennbar (Abb. 13). In diesen tieferen Bereichen war die Wahrscheinlichkeit hoch, dass mit der Messsonde dort verschiedene Schwefelbakterien erfasst wurden.

Die wichtigsten Gruppen in der Phytoplanktongemeinschaft des Sees sind Grün- und Kieselalgen (Diatomeen). Letztere benötigen zum Aufbau ihrer Schalen Kieselsäure, die im Seewasser gelöst enthalten ist. Während ihrer größten Entwicklung im Frühjahr verbrauchten die Kieselalgen die Kieselsäure im Epilimnion fast vollständig. Im Frühjahr ist dies eine typische Entwicklung. Im November hingegen waren kaum Kieselalgen nachweisbar und Kieselsäure in höheren Konzentrationen im Wasser gelöst (Abb. 15). In den Wintermonaten wurden sogenannte Schlundgeißler (Cryptophyceae) nachgewiesen. Cyanobakterien spielten während des Untersuchungszeitraums in der Artengemeinschaft nur eine untergeordnete Rolle.

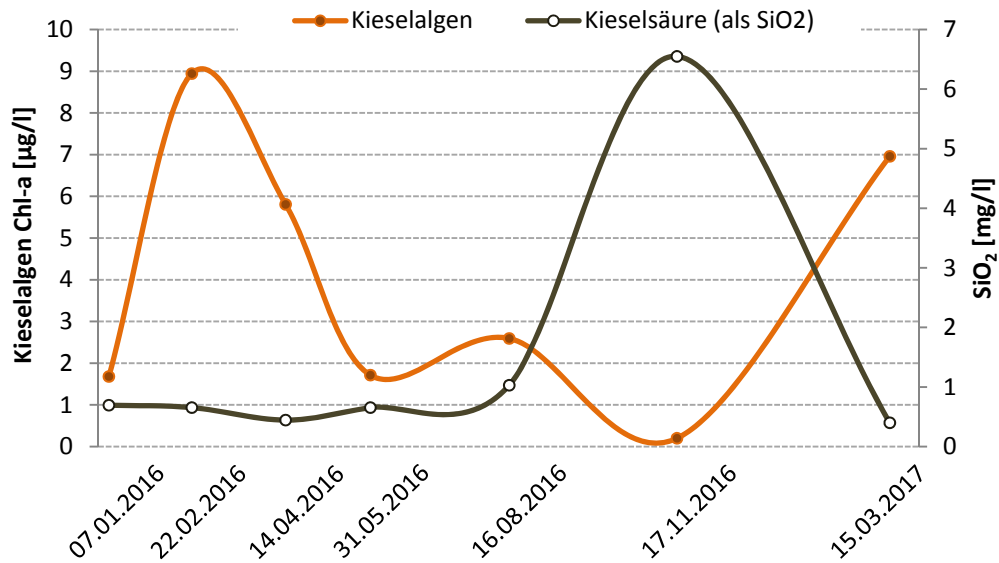


Abb. 15: Verlauf der Chl-a Konzentration der Kieselalgen und der im Wasser gelösten Kieselsäure. Dargestellt ist jeweils der Mittelwert aus 0 - 12 m Tiefe.

5. Zusammenfassende Bewertung

Die Einbringung des Phosphatbinders Bentophos hatte das Ziel die Phosphorgehalte des Seewassers und insbesondere des Tiefenwassers zu reduzieren. Dies sollte durch die Festlegung von Phosphaten im Freiwasser und im Sediment erreicht werden.

Länger zurückliegende Untersuchungen (LUBW, monatl. Monitoring 2002 - 2007) zeigten, dass gerade in den Wintermonaten die höchsten TP-Konzentrationen im Tiefenwasser auftraten.

- Durch den Einsatz von Bentophos und die Verminderung der Phosphatrücklösung aus dem Sediment konnte die Anreicherung über die Wintermonate unterbrochen werden. Die Gesamtphosphorgehalte im Tiefenwasser entwickeln sich noch immer rückläufig (Stand Mai 2017).

Unsere Untersuchungsergebnisse und auch jene aus den vorliegenden Altdaten wiesen darauf hin, dass eine teilweise oder vollständige Durchmischung des Waidsees, häufig erst im Frühjahr stattfindet. In dieser Phase ist ein Nachschub an

pflanzenverfügbarem Phosphor besonders kritisch, da dieser sofort von Algen aufgenommen und in Biomasse umgesetzt werden kann.

- Das Risiko einer weiteren Nährstoffanreicherung und daraus folgenden starken Algenblüten konnte stark verringert werden.

Vor der Einbringung des Bentophos war ein Teil der Phosphorreserven des Epilimnions (mittl. TP 0,049 mg/l) bereits in Biomasse gebunden und 0,019 mg/l (Mittelwert) waren als ortho-Phosphat-Phosphor im Wasser gelöst. Ortho-Phosphat-Phosphor wird unmittelbar von Bentophos gebunden.

- Die Phosphorgehalte des Epilimnions haben sich nach der Bentophos-Einbringung um etwa 50 % reduziert.

Ortho-Phosphat-Phosphor war im Epilimnion erst wieder nach Absterben der Algenpopulation im November im Wasser nachweisbar.

Tab. 3: Gegenüberstellung von gemittelten, volumenbezogenen Gesamtphosphor(TP) - Konzentrationen und absoluten TP-Mengen im Epilimnion (oberflächennahes Wasser), Hypolimnion (Tiefenwasser) und dem gesamten Wasserkörper. Der graue Bereich symbolisiert das Zeitfenster der Bentophos-Einbringung.

		04.02. 2015	22.02. 2016		14.04. 2016	31.05. 2016	16.08. 2016	17.11. 2016	15.03. 2017
Epilimnion (2,52 Mio m ³)	Ø TP [mg/l]	0,052	0,049		0,023	0,023	0,036	0,021	0,020
	Ø TP [kg]	131	123		58	58	91	53	50
Hypolimnion (0,52 Mio m ³)	Ø TP [mg/l]	1,1	0,690		0,315	0,280	0,235	0,195	0,180
	Ø TP [kg]	572	359		164	146	122	101	94
Wasserkörper gesamt (3,04 Mio m ³)	Ø TP [mg/l]	0,231	0,159		0,073	0,067	0,070	0,051	0,047
	Ø TP [kg]	703	482		222	204	213	154	144

Um die Entwicklung und die bisherige Auswirkung der durchgeführten Maßnahme abzubilden, sind in Tabelle 3 die Konzentrationen und absoluten Mengen dargestellt. Die Wasservolumina berechnen sich dabei aus den Kalkulationen im Kurzbericht 2015. Die Gegenüberstellung in Tabelle 3 zeigt, dass dem Wasserkörper große Mengen Phosphor entzogen wurden.

Es ist wünschenswert, das Monitoring fortzuführen, um die Entwicklung des Sees zu begleiten, Kenntnisse über den See zu vertiefen und so, aufgrund einer soliden Datengrundlage, handlungsfähig zu bleiben.

Anzuraten ist weiterhin eine enge Zusammenarbeit mit dem örtlichen Angelverein. Neben den Nährstoffressourcen ist ein starker Raubfischbestand entscheidend an geringen Schwebalgendichten beteiligt. Raubfische dezimieren/kontrollieren den Bestand an Friedfischen. Diese Kontrolle ist wichtig, da sich Friedfische vorwiegend von Zooplankton ernähren. Das Zooplankton konsumiert vorwiegend Schwebalgen, welche sonst das Wasser eintrüben würden (s. Abb. 16).

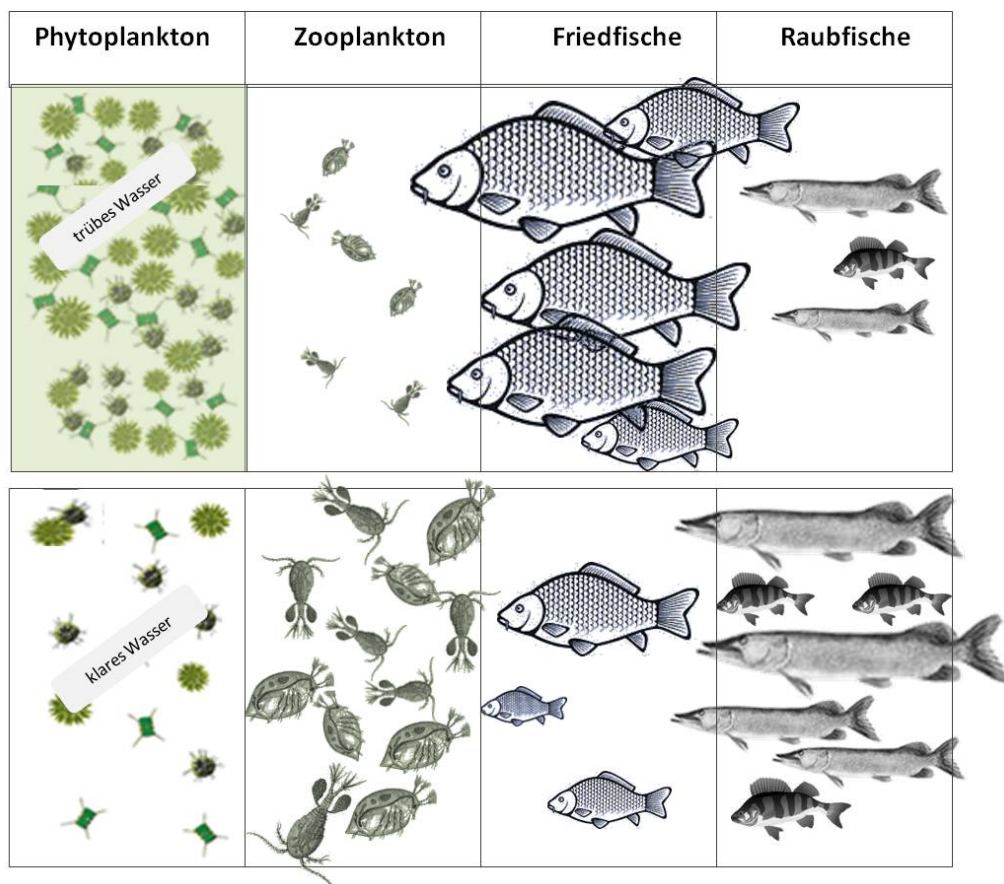


Abb. 16: Zusammenhänge im Nahrungsnetz von Seen und ihr Einfluss auf die Transparenz des Wassers. Bei einer Friedfisch-Dominanz wäre das Wasser durch Schwebalgen eingetrübt. Bei einem ausreichend starken Raubfischbestand, würde sich der Fraßdruck auf das Zooplankton vermindern und ein höhere Transparenz zur Folge haben.

Benthivore Fische (z.B. Karpfen) hingegen wirbeln Sedimente auf, trüben damit das Wasser ein und setzen außerdem Nährstoffe frei. Auf einen Besatz dieser Fische sollte weiterhin verzichtet werden.

Die Fütterung von Wasservögeln schadet der Wasserqualität und den Wasservögeln. Hinweise und Erklärungen dazu könnten durch die vorhandene Beschilderung, als auch in Zeitungsartikeln und in Informationsblättern zu Veranstaltungen am See verbreitet werden.

6. Anhang

- Datentabellen
- Fotodokumentation

Parameter	Methode	Einheit	Proben-Nr					
			16-00313	16-00315	16-00316	16-00314	16-00317	
			Probenahmebeginn					
			Probenahmeort					
			Waidsee					
			1 m	12 m	14,5 m	16 m	23 m	
Wasserprobenahme: Stichprobe	DIN 38402-A11:1995-12							
Sichttiefe Secchi (Vorortmessung)	ISO 7027-C2:2000-04	m	5					
pH-Wert (Vorortmessung)	ISO 10523-C5:2012-04		8,44	8,41	8,42	7,68	7,45	
Wassertemperatur (Vorortmessung)	DIN 38404-C4:1976-12	°C	7,03	7,02	7	5,98	5,93	
elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C (Vorortmessung)	EN 27888-C8:1993-11	µS/cm	439	439	439	523	648	
Sauerstoff, gelöst (Vorortmessung)	ISO 5814:2013-02	mg/l	8,5	8,5	8,4	0,1	0	
Sauerstoffsättigung (Vorortmessung)	EN 25814-G22:1992-10	%	75,8	75,9	75,5	1,1	0	
Redoxspannung gegen Normalwasserstoffelektrode	aus Vorortmesswert berechnet	mV	269	278	278	-82	-121	
Phosphor (Gesamt-P)	ISO 6878-D11:2004-09	mg/l	0,032	0,024	0,018	0,22	0,65	
ortho-Phosphat-Phosphor (PO4-P)	ISO 6878-D11:2004-09	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	0,22	0,65	
Ammonium-Stickstoff (NH4-N)	ISO 11732-E23:2005-05	mg/l	0,11	0,1	0,12	1,3	3,6	
Nitrit-Stickstoff (NO2-N)	ISO 13395-D28:1996-12	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,026	
Nitrat-Stickstoff (NO3-N)	ISO 13395-D28:1996-12	mg/l	0,058	<0,02	0,024	<0,02	<0,02	
Stickstoff (Gesamt-N; TNb)	EN 12260-H34:2003-12	mg/l	0,83	0,95	0,89	2,2	5,1	
Sulfat	ISO 10304-1-D20:2009-07	mg/l	52	55	55	51	32	
TC	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	38	37	37	52	69	
DOC	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	5,8	5,9	5,9	5,6	5,6	
TOC (Ausblasmethode; NPOC)	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	6,4	6,2	6,2	5,9	6,2	
Calcium	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	52	53	53	72	95	
Kieselsäure (als SiO2)	DIN 38405-D21:1990-10	mg/l	0,64	0,75	0,76	4,8	13	
Eisen	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	0,03	0,03	0,03	0,14	0,09	
Mangan	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	0,04	0,04	0,04	0,62	0,82	
Lanthan	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	
Säurekapazität bis pH 4,3	DIN 38409-H7:2005-12	mmol/l	2,67				5,72	
Säurekapazität bis pH 8,2	DIN 38409-H7:2005-12	mmol/l	n.b.				n.b.	
Basenkapazität bis pH 8,2	DIN 38409-H7:1979-05	mmol/l	0,035				0,9	
Chlorophyll A	DIN 38412-L16:1985-12	µg/l	3,1				17	
Phaeopigmentgehalt	DIN 38412-L16:1985-12	µg/l	1,7				<1	

			16-02895	16-02902	16-02897	16-02896
			22.02.2016	22.02.2016	22.02.2016	22.02.2016
			Waidsee			
			1 m	12 m	16 m	23 m
Parameter	Methode	Einheit				
Wasserprobenahme: Stichprobe	DIN 38402-A11:1995-12					
Sichttiefe Secchi (Vorortmessung)	ISO 7027-C2:2000-04	m	3,4			
pH-Wert (Vorortmessung)	ISO 10523-C5:2012-04		7,63	7,91	7,94	6,87
Wassertemperatur (Vorortmessung)	DIN 38404-C4:1976-12	°C	5,66	5,42	5,31	5,96
elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C (Vorortmessung)	EN 27888-C8:1993-11	µS/cm	435	435	435	638
Sauerstoff, gelöst (Vorortmessung)	ISO 5814:2013-02	mg/l	10,4	10,1	10	0
Sauerstoffsättigung (Vorortmessung)	EN 25814-G22:1992-10	%	89,9	86,7	85,8	0
Redoxspannung gegen Normalwasserstoffelektrode	aus Vorortmesswert berechnet	mV	496	470	463	181
Phosphor (Gesamt-P)	ISO 6878-D11:2004-09	mg/l	0,035	0,053	0,059	0,69
ortho-Phosphat-Phosphor (PO4-P)	ISO 6878-D11:2004-09	mg/l	0,02	0,018	0,019	0,64
Ammonium-Stickstoff (NH4-N)	ISO 11732-E23:2005-05	mg/l	0,082	0,11	0,39	0,49
Nitrit-Stickstoff (NO2-N)	ISO 13395-D28:1996-12	mg/l	0,085	0,086	0,086	0,037
Nitrat-Stickstoff (NO3-N)	ISO 13395-D28:1996-12	mg/l	0,16	0,27	0,2	0,081
Stickstoff (Gesamt-N; TNb)	EN 12260-H34:2003-12	mg/l	0,79	0,75	0,8	5,1
Sulfat	ISO 10304-1-D20:2009-07	mg/l	77	57	55	54
TC	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	38	38	38	71
DOC	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	5,9	5,8	5,7	5,4
TOC (Ausblasmethode; NPOC)	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	6,2	6,1	6,2	5,9
Calcium	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	54	53	54	91
Kieselsäure (als SiO2)	DIN 38405-D21:1990-10	mg/l	0,59	0,72	0,74	13
Eisen	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	0,02	0,03	0,02	0,07
Mangan	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	0,79
Lanthan	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Säurekapazität bis pH 4,3	DIN 38409-H7:2005-12	mmol/l	2,73			5,68
Säurekapazität bis pH 8,2	DIN 38409-H7:2005-12	mmol/l	n.b.			n.b.
Basenkapazität bis pH 8,2	DIN 38409-H7:1979-05	mmol/l	0,05			0,68
Chlorophyll A	DIN 38412-L16:1985-12	µg/l	n.b.			n.b.
Phaeopigmentgehalt	DIN 38412-L16:1985-12	µg/l	n.b.			n.b.

			16-06838	16-06836	16-06835	16-06837	16-07228	16-06834
Proben-Nr			13.04.2016	13.04.2016	13.04.2016	13.04.2016	13.04.2016	13.04.2016
Probenahmebeginn			Waidsee					
Probenahmeort			Waidsee					
Meßstelle			1 m	12 m	14,5 m	16 m	19 m	23 m
Parameter	Methode	Einheit						
Wasserprobenahme: Stichprobe	DIN 38402-A11:1995-12							
Sichttiefe Secchi (Vorortmessung)	ISO 7027-C2:2000-04	m	4,7					
pH-Wert (Vorortmessung)	ISO 10523-C5:2012-04		9,24	8,21	8,21	8,05	7,56	7,15
Wassertemperatur (Vorortmessung)	DIN 38404-C4:1976-12	°C	13,2	5,84	5,78	5,76	5,82	5,9
elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C (Vorortmessung)	EN 27888-C8:1993-11	µS/cm	469	480	480	487	571	647
Sauerstoff, gelöst (Vorortmessung)	ISO 5814:2013-02	mg/l	12,2	90	7,8	6,2	0	0,01
Sauerstoffsättigung (Vorortmessung)	EN 25814-G22:1992-10	%	127	8	68	20	0	0,1
Redoxspannung gegen Normalwasserstoffelektrode	aus Vorortmesswert berechnet	mV	181	189	190	195	95	6
Phosphor (Gesamt-P)	ISO 6878-D11:2004-09	mg/l	0,022	0,021	0,026	0,022	0,21	0,42
ortho-Phosphat-Phosphor (PO4-P)	ISO 6878-D11:2004-09	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,2	0,39
Ammonium-Stickstoff (NH4-N)	ISO 11732-E23:2005-05	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	0,092	1,5	3
Nitrit-Stickstoff (NO2-N)	ISO 13395-D28:1996-12	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitrat-Stickstoff (NO3-N)	ISO 13395-D28:1996-12	mg/l	0,39	0,25	0,26	0,26	<0,02	0,043
Stickstoff (Gesamt-N; TNb)	EN 12260-H34:2003-12	mg/l	0,65	0,82	0,85	0,89	2,2	4
Sulfat	ISO 10304-1-D20:2009-07	mg/l	53	56	52	52	46	49
TC	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	41	41	41	41	54	60
DOC	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	7	6,2	6,2	6,2	6,2	6,3
TOC (Ausblasmethode; NPOC)	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	7,1	6,5	6,5	6,2	6,3	6,6
Calcium	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	55	55	55	56	71	84
Kieselsäure (als SiO2)	DIN 38405-D21:1990-10	mg/l	<0,4	0,49	0,66	0,92	7,1	12
Eisen	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	0,02	<0,02	<0,02	0,12	0,05	0,19
Mangan	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	<0,02	0,04	0,07	0,08	0,59	0,81
Lanthan	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	0,004	0,01	0,011	0,012	0,016	0,016
Säurekapazität bis pH 4,3	DIN 38409-H7:2005-12	mmol/l	2,89					5,15
Säurekapazität bis pH 8,2	DIN 38409-H7:2005-12	mmol/l	0,16					n.b.
Basenkapazität bis pH 8,2	DIN 38409-H7:1979-05	mmol/l	n.b.					0,53
Chlorophyll A	DIN 38412-L16:1985-12	µg/l	5,2					<1
Phaeopigmentgehalt	DIN 38412-L16:1985-12	µg/l	3,1					6,2

			16-09706	16-10002	16-09708	16-09709	16-09707	16-09705	16-09710
Proben-Nr			30.05.2016	30.05.2016	30.05.2016	30.05.2016	30.05.2016	30.05.2016	30.05.2016
Probenahmebeginn			Waidsee						
Probenahmeort			Waidsee						
Meßstelle			1 m	6 m	12 m	14,5 m	16 m	19 m	23 m
Parameter	Methode	Einheit							
Wasserprobenahme: Stichprobe	DIN 38402-A11:1995-12								
Sichttiefe Secchi (Vorortmessung)	ISO 7027-C2:2000-04	m	1,8						
pH-Wert (Vorortmessung)	ISO 10523-C5:2012-04		9,16	8,94	7,93	7,8	7,73	7,41	7,3
Wassertemperatur (Vorortmessung)	DIN 38404-C4:1976-12	°C	19,76	12	6,4	6,18	6,03	5,9	5,91
elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C (Vorortmessung)	EN 27888-C8:1993-11	µS/cm	451	477	483	486	494	584	601
Sauerstoff, gelöst (Vorortmessung)	ISO 5814:2013-02	mg/l	9,56	12,6	5,61	2,98	0,54	0	0
Sauerstoffsättigung (Vorortmessung)	EN 25814-G22:1992-10	%	113,7	127	49,4	26,05	4,7	0	0
Redoxspannung gegen Normalwasserstoffelektrode	aus Vorortmesswert berechnet	mV	355	357	379	381	383	16	-4
Phosphor (Gesamt-P)	ISO 6878-D11:2004-09	mg/l	0,042	0,051	0,023	0,031	0,054	0,23	0,28
ortho-Phosphat-Phosphor (PO4-P)	ISO 6878-D11:2004-09	mg/l	<0,005	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,19	0,26
Ammonium-Stickstoff (NH4-N)	ISO 11732-E23:2005-05	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	0,06	0,12	1,9	2,5
Nitrit-Stickstoff (NO2-N)	ISO 13395-D28:1996-12	mg/l	<0,02	0,051	<0,02	<0,02	0,024	<0,02	<0,02
Nitrat-Stickstoff (NO3-N)	ISO 13395-D28:1996-12	mg/l	0,059	<0,02	0,24	0,27	0,27	0,024	<0,02
Stickstoff (Gesamt-N; TNb)	EN 12260-H34:2003-12	mg/l	0,54	0,69	0,8	0,84	0,96	2,6	3,3
Sulfat	ISO 10304-1-D20:2009-07	mg/l	59	n.b.	57	59	51	54	61
TC	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	41		46	45	47	62	65
DOC	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	7,4		6,5	6,5	6,4	6,3	6,4
TOC (Ausblasmethode; NPOC)	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	7,4		6,8	6,6	7,1	6,8	7
Calcium	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	50		56	56	57	71	75
Kieselsäure (als SiO2)	DIN 38405-D21:1990-10	mg/l	0,5		0,81	1,1	1,7	7,3	9,2
Eisen	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	0,18		0,04	0,03	0,03	0,08	0,09
Mangan	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	<0,02		<0,02	0,06	0,12	0,69	0,7
Lanthan	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	<0,002		0,005	0,007	0,008	0,019	0,017
Säurekapazität bis pH 4,3	DIN 38409-H7:2005-12	mmol/l	2,56						4,59
Säurekapazität bis pH 8,2	DIN 38409-H7:2005-12	mmol/l	0,075						n.b.
Basenkapazität bis pH 8,2	DIN 38409-H7:1979-05	mmol/l	n.b.						0,78
Chlorophyll A	DIN 38412-L16:1985-12	µg/l	5,9						1,6
Phaeopigmentgehalt	DIN 38412-L16:1985-12	µg/l	2,4						0,6

			16-13882	16-13883	16-13884	16-13885	16-13886	16-13887	16-13888
Proben-Nr			15.08.2016	15.08.2016	15.08.2016	15.08.2016	15.08.2016	15.08.2016	15.08.2016
Probenahmebeginn			Waidsee						
Probenahmeort			Waidsee						
Meßstelle			1 m	6 m	12 m	14,5 m	16 m	19 m	23 m
Parameter	Methode	Einheit							
Wasserprobenahme: Stichprobe	DIN 38402-A11:1995-12								
Sichttiefe Secchi (Vorortmessung)	ISO 7027-C2:2000-04	m	4,6						
pH-Wert (Vorortmessung)	ISO 10523-C5:2012-04		8,95	8,84	7,7	7,64	7,59	7,46	7,29
Wassertemperatur (Vorortmessung)	DIN 38404-C4:1976-12	°C	23,7	18,3	7,02	6,53	6,33	6,06	6,04
elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C (Vorortmessung)	EN 27888-C8:1993-11	µS/cm	442	478	494	499	511	581	597
Sauerstoff, gelöst (Vorortmessung)	ISO 5814:2013-02	mg/l	8,9	13	0,1	0	0,1	0	0
Sauerstoffsättigung (Vorortmessung)	EN 25814-G22:1992-10	%	307	149	1,2	0,3	0,6	0,1	0,1
Redoxspannung gegen Normalwasserstoffelektrode	aus Vorortmesswert berechnet	mV	114	318	343	287	56	-21	-30
Phosphor (Gesamt-P)	ISO 6878-D11:2004-09	mg/l	0,04	0,022	0,036	0,045	0,094	0,22	0,25
ortho-Phosphat-Phosphor (PO4-P)	ISO 6878-D11:2004-09	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,19	0,22
Ammonium-Stickstoff (NH4-N)	ISO 11732-E23:2005-05	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	0,24	0,71	2,3	2,8
Nitrit-Stickstoff (NO2-N)	ISO 13395-D28:1996-12	mg/l	<0,02	<0,02	0,033	<0,02	<0,02	0,024	0,035
Nitrat-Stickstoff (NO3-N)	ISO 13395-D28:1996-12	mg/l	<0,02	0,028	0,25	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Stickstoff (Gesamt-N; TNb)	EN 12260-H34:2003-12	mg/l	0,62	0,62	0,91	0,84	1,1	2,7	3,2
Sulfat	ISO 10304-1-D20:2009-07	mg/l	49	51	51	51	48	35	31
TC	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	33		41	42	43	52	56
DOC	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	6,6		6,3	6,1	6,2	6,1	6
TOC (Ausblasmethode; NPOC)	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	6,6		6,3	6,2	6,8	6,1	6,1
Calcium	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	43		57	57	58	69	72
Kieselsäure (als SiO2)	DIN 38405-D21:1990-10	mg/l	0,56		1,5	2,2	1,1	8,1	9,9
Eisen	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	0,01		0,04	0,02	0,19	0,17	0,14
Mangan	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	<0,02		0,04	0,28	0,6	0,73	0,71
Lanthan	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	<0,002		<0,002	<0,002	0,002	0,012	0,012
Säurekapazität bis pH 4,3	DIN 38409-H7:2005-12	mmol/l	2,25						4,53
Säurekapazität bis pH 8,2	DIN 38409-H7:2005-12	mmol/l	n.b.						n.b.
Basenkapazität bis pH 8,2	DIN 38409-H7:1979-05	mmol/l	n.b.						0,53
Chlorophyll A	DIN 38412-L16:1985-12	µg/l	1,9						<1
Phaeopigmentgehalt	DIN 38412-L16:1985-12	µg/l	<1						5,3

			16-20712	16-20713	16-20714	16-20715	16-20716	16-20717	16-20718
Proben-Nr			17.11.2016	17.11.2016	17.11.2016	17.11.2016	17.11.2016	17.11.2016	17.11.2016
Probenahmebeginn			Waidsee						
Probenahmeort			Waidsee						
Meßstelle			1 m	6 m	12 m	14,5 m	16 m	19 m	23 m
Parameter	Methode	Einheit							
Wasserprobenahme: Stichprobe	DIN 38402-A11:1995-12								
Sichttiefe Secchi (Vorortmessung)	ISO 7027-C2:2000-04	m	3,7						
pH-Wert (Vorortmessung)	ISO 10523-C5:2012-04		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Wassertemperatur (Vorortmessung)	DIN 38404-C4:1976-12	°C	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C (Vorortmessung)	EN 27888-C8:1993-11	µS/cm	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Sauerstoff, gelöst (Vorortmessung)	ISO 5814:2013-02	mg/l	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Sauerstoffsättigung (Vorortmessung)	EN 25814-G22:1992-10	%	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Redoxspannung gegen Normalwasserstoffelektrode	aus Vorortmesswert berechnet	mV	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Phosphor (Gesamt-P)	ISO 6878-D11:2004-09	mg/l	0,021	0,019	0,019	0,023	0,023	0,15	0,24
ortho-Phosphat-Phosphor (PO4-P)	ISO 6878-D11:2004-09	mg/l	<0,005	<0,005	0,015	0,015	0,022	0,11	0,2
Ammonium-Stickstoff (NH4-N)	ISO 11732-E23:2005-05	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	0,41	0,73	2,3	3,5
Nitrit-Stickstoff (NO2-N)	ISO 13395-D28:1996-12	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,023	0,036
Nitrat-Stickstoff (NO3-N)	ISO 13395-D28:1996-12	mg/l	0,026	0,03	0,028	0,024	0,031	0,036	0,039
Stickstoff (Gesamt-N; TNb)	EN 12260-H34:2003-12	mg/l	0,72	0,72	0,72	1,2	1,6	1,7	4,5
Sulfat	ISO 10304-1-D20:2009-07	mg/l	62	62	63	60	57	46	34
TC	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	39		38	40	47	50	63
DOC	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	7		7,4	6,6	6,9	6,9	6,9
TOC (Ausblasmethode; NPOC)	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	7,3		7,6	7,1	7,5	7	7,1
Calcium	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	50		50	59	61	69	76
Kieselsäure (als SiO2)	DIN 38405-D21:1990-10	mg/l	6,9		6,2	8	10	14	16
Eisen	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	0,04		0,03	0,16	0,25	0,17	0,14
Mangan	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	<0,02		<0,02	0,44	0,61	0,72	0,74
Lanthan	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	<0,002		<0,002	0,004	0,005	0,008	0,006
Säurekapazität bis pH 4,3	DIN 38409-H7:2005-12	mmol/l	2,53						4,62
Säurekapazität bis pH 8,2	DIN 38409-H7:2005-12	mmol/l	n.b.						n.b.
Basenkapazität bis pH 8,2	DIN 38409-H7:1979-05	mmol/l	0,021						0,5
Chlorophyll A	DIN 38412-L16:1985-12	µg/l	4,9						<1
Phaeopigmentgehalt	DIN 38412-L16:1985-12	µg/l	0,8						2,6

			17-04914	17-04913	17-04912	17-04911	17-04910	17-04909	17-04908
Proben-Nr			15.03.2017	15.03.2017	15.03.2017	15.03.2017	15.03.2017	15.03.2017	15.03.2017
Probenahmebeginn			Waidsee						
Probenahmeort			Waidsee						
Meßstelle			1 m	6 m	12 m	14,5 m	16 m	19 m	23 m
Parameter	Methode	Einheit							
Wasserprobenahme: Stichprobe	DIN 38402-A11:1995-12								
Sichttiefe Secchi (Vorortmessung)	ISO 7027-C2:2000-04	m	2,8						
pH-Wert (Vorortmessung)	ISO 10523-C5:2012-04		8,17	7,78	7,44	7,31	7,13	6,68	6,61
Wassertemperatur (Vorortmessung)	DIN 38404-C4:1976-12	°C	8,25	6,3	5,53	5,24	4,94	5,17	5,99
elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C (Vorortmessung)	EN 27888-C8:1993-11	µS/cm	449	449	451	454	460	551	709
Sauerstoff, gelöst (Vorortmessung)	ISO 5814:2013-02	mg/l	11,7	12,1	10,3	9,41	7,07	0	0
Sauerstoffsättigung (Vorortmessung)	EN 25814-G22:1992-10	%	108	106	88,8	80,4	60	0	0
Redoxspannung gegen Normalwasserstoffelektrode	aus Vorortmesswert berechnet	mV	341	318	354	358	363	-29	-80
Phosphor (Gesamt-P)	ISO 6878-D11:2004-09	mg/l	0,02	0,018	0,02	0,021	0,02	0,16	0,2
ortho-Phosphat-Phosphor (PO4-P)	ISO 6878-D11:2004-09	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,12	0,2
Ammonium-Stickstoff (NH4-N)	ISO 11732-E23:2005-05	mg/l	0,1	0,11	0,16	0,2	0,3	2,1	3,4
Nitrit-Stickstoff (NO2-N)	ISO 13395-D28:1996-12	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,024
Nitrat-Stickstoff (NO3-N)	ISO 13395-D28:1996-12	mg/l	0,059	0,055	0,062	0,056	0,048	0,024	0,021
Stickstoff (Gesamt-N; TNb)	EN 12260-H34:2003-12	mg/l	0,75	0,8	0,75	0,82	0,93	2,9	4,2
Sulfat	ISO 10304-1-D20:2009-07	mg/l	55	55	55	55	55	40	29
TC	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	37		36	37	39	55	65
DOC	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	5,5		5,5	5,8	5,6	5,6	5,4
TOC (Ausblasmethode; NPOC)	EN 1484-H3:1997-08	mg/l	6,1		5,7	5,8	5,7	5,6	5,6
Calcium	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	51		51	52	54	68	78
Kieselsäure (als SiO2)	DIN 38405-D21:1990-10	mg/l	<0,4		<0,4	0,53	<0,4	7,9	12
Eisen	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	<0,02		0,02	<0,02	<0,02	0,14	0,12
Mangan	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	<0,02		<0,02	0,03	0,05	0,9	0,75
Lanthan	ISO 11885-E22:2009-09	mg/l	<0,002		<0,002	<0,002	<0,002	0,004	0,005
Säurekapazität bis pH 4,3	DIN 38409-H7:2005-12	mmol/l	2,59						4,96
Säurekapazität bis pH 8,2	DIN 38409-H7:2005-12	mmol/l	n.b.						n.b.
Basenkapazität bis pH 8,2	DIN 38409-H7:1979-05	mmol/l	0,027						0,74
Chlorophyll A	DIN 38412-L16:1985-12	µg/l	6,7						1,2
Phaeopigmentgehalt	DIN 38412-L16:1985-12	µg/l	0,7						0,5



Foto 1: Aufbau der Arbeitsplattform am Ufer des Strandbads



Foto 2: Beladen der Arbeitsplattform mit 1,05 to - BigBags Bentophos



Foto 3: Plattform während der Einbringung

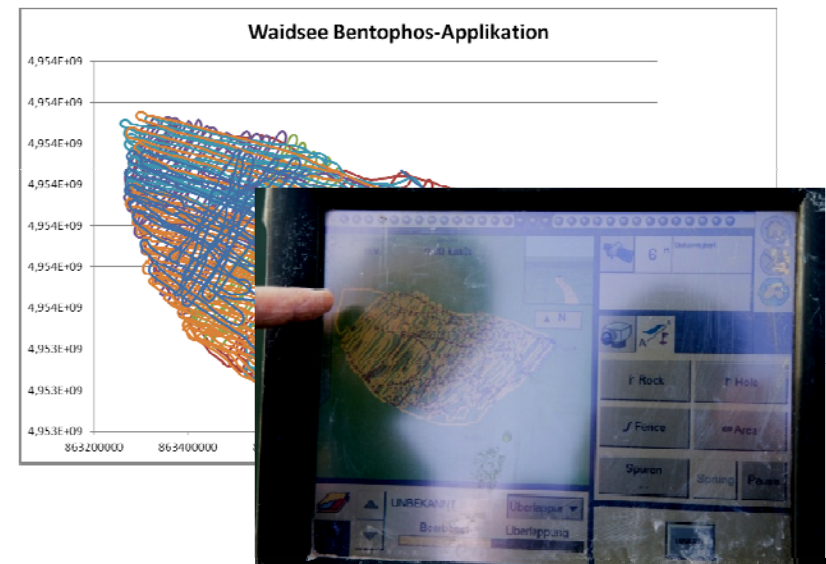


Foto 4: Bildschirm der differentiellen GPS-Erfassung



Foto 5: Nahansicht des Bentophos - Granulats



Foto 6: Arbeitsplattform; im Vordergrund der Applikationsbalken



Foto 7: Dreharbeiten des SWR während der Arbeiten



Foto 8: Bentophos-Suspension