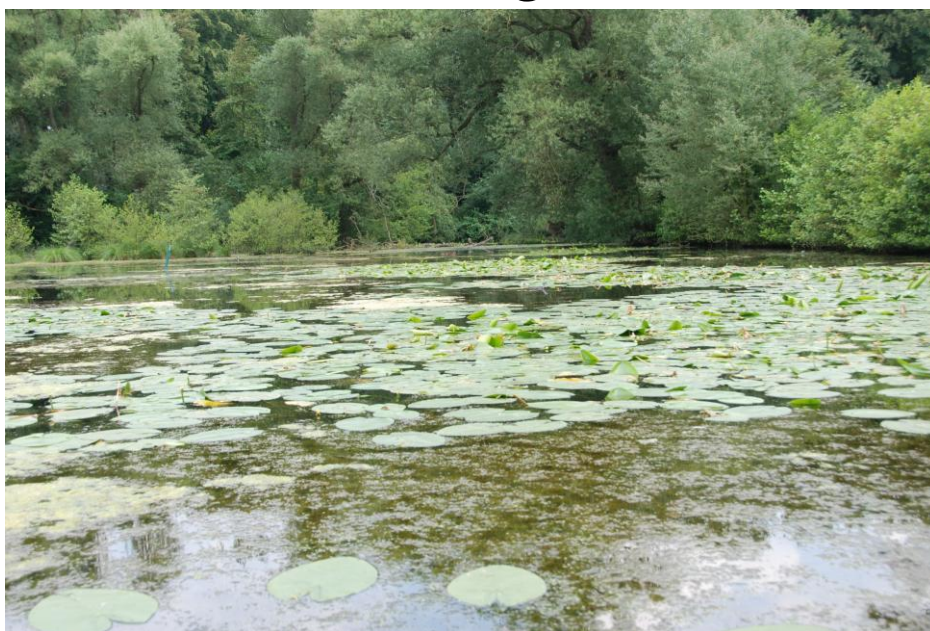


Monitoring Mühlenteich - Georgsmarienhütte 2014



erstellt für

NLG Niedersächsische Landgesellschaft mbH

Am Schölerberg 6
49082 Osnabrück

Stadt Georgsmarienhütte

Fachbereich IV - Umwelta Abteilung
Oeseder Straße 85
49124 Georgsmarienhütte
Telefon: 05401 / 850-236

von

Büro für Umweltgutachten



Fuhrmannsweg 39 48369 Saerbeck

Tel.: 02574 – 88 79 59

Fax.: 02574 – 88 82 68

Mail: Boenert. AgL @ t-online.de

Bearbeiter:

Dipl.-Biologe A. Boenert

Dipl.-Biologin U. Lansing

Saerbeck, den 12.11.2014

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	1
2	Methodik	2
2.1	Termine und Probestellen	2
2.2	Untersuchungsparameter	2
2.2.1	Vor-Ort-Messungen	2
2.2.2	Laboranalytik	2
2.2.3	Probenahme und Untersuchung des Plankton	2
2.2.4	Probenahme und Untersuchung der Unterwasserpflanzen	2
3	Ergebnisse und Bewertung	4
3.1	Morphometrie	4
3.2	Klima	7
3.3	Physikalische Werte und Chlorophyll-a	8
3.3.1	Wassertemperatur	8
3.3.2	Sauerstoff (Gehalt und Sättigung)	8
3.3.3	Leitfähigkeit	8
3.3.4	PH-Wert	9
3.3.5	Chlorophyll-a-Konzentration	9
3.3.6	Sichttiefe	12
3.4	Nährstoffmessungen	12
3.4.1	Stickstoffgehalt	12
3.4.2	Phosphorgehalt	12
3.5	Sediment	14
3.6	Planktonuntersuchung	18
3.7	Untersuchung der Unterwasser-pflanzen (submerse Makrophyten)	20
3.8	Trophiestatus	21
3.9	Bewertung der Wirkung des eingebrachten Mittels	21
4	Zusammenfassung	22
5	Empfehlungen	23
6	Trophietabellen	24

Tabellenverzeichnis

Tab.1: Schlammdecken im Mühlenteich in cm	5
Tab.2: Schlammreduktion im Mühlenteich zwischen Oktober 2013 und Oktober 2014 in cm und %	5
Tab.3: Wassertemperaturen im Mühlenteich	8
Tab.4: Sauerstoffsättigung im Mühlenteich	8
Tab.5: Leitfähigkeit im Mühlenteich	9
Tab.6: pH-Werte im Mühlenteich.....	9
Tab.7: Chlorophyll-a-Werte im Mühlenteich	9
Tab.8: anorganische gelöste Stickstoff-verbindungen im Mühlenteich und in der Düte	12
Tab.9: Gesamt-P-Gehalt im Mühlenteich	13
Tab.10: ortho-Phosphat-P-Gehalt im Mühlenteich	13
Tab.11: Sedimentkennwerte; Wassergehalt (WG), Glühverlust (GV) und P-Gehalt; Beprobungstermine	14
Tab.12: Zooplankton 2014 in Häufigkeitsklassen x=Einzelfunde bis xxxx=Massenentwicklung	18
Tab.13: Phytoplankton 2014 in Häufigkeitsklassen x=Einzelfunde bis xxxx=Massenentwicklung	19
Tab.14: Vorkommen der Unterwasser-Vegetation im Mühlenteich	20
Tab.15: Abschätzung des Trophiegrades nach den im OECD-Programm untersuchten Gewässern; nach Vollenweider (1979).....	24
Tab.16: Kennzeichen verschiedener Trophiegrade (nach DVWK 1988).....	24

Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Lage des Mühlenteichs im Gebiet Georgsmarienhütte, Großraum Osnabrück	1
Abb.2: Lage des Mühlenteichs bei Kloster Oesede an der Düte	1
Abb.3: Probestellen im Mühlenteich Georgsmarienhütte 2014	3
Abb.4: Mühlenteich mit Überlauf/Ablauf Georgsmarienhütte 17.07.2014	4
Abb.5: Ablauf aus dem Mühlenteich Georgsmarienhütte 17.07.2014	4
Abb.8: monatliche Niederschlagssummen in Lengerich 2014	7
Abb.9: Wassertemperatur im Mühlenteich 2013 und 2014	10
Abb.10: Sauerstoffsättigung im Mühlenteich 2013 und 2014	10
Abb.11: Leitfähigkeit im Mühlenteich 2013 und 2014.....	11
Abb.12: pH-Werte im Mühlenteich 2013 und 2014	11
Abb.13: Gehalt an Gesamt-P, bestehend aus gelöstem ortho-Phosphat-P (mg/l) und organisch gebundenem P (mg/l) im Mühlenteich 2013 und 2014	13
Abb.14: Wassergehalt (%Fw) in Sedimenten des Mühlenteichs.....	15
Abb.15: Glühverlust (%Tm) in Sedimenten des Mühlenteichs	16
Abb.16: P-Gehalt (mg/kg Tm) in Sedimenten des Mühlenteichs.....	17

1 Veranlassung

Der Mühlenteich in Georgsmarienhütte bei Kloster Oesede ist ein durch eine ehemalige Mühlennutzung und Anstau aus der Düte entstandenes Kleingewässer, das zum heutigen Zeitpunkt keinen direkten Anschluss mehr an den Bach hat. Der Bereich wurde als FFH-Gebiet ausgewiesen und steht unter § 30 BNatSchG.

Da derartige Kleingewässer einem raschen Eutrophierungs- und Verlandungsprozess unterliegen, wurden Maßnahmen diskutiert, die

diese Prozesse aufhalten, verlangsamen oder ihnen entgegenwirken.

Ab 2012 wurde daraufhin jährlich ein Mittel zur Schlammreduktion eingebracht, dessen Unbedenklichkeit im Vorfeld durch einen externen Gutachter geklärt worden war.

Um die Wirksamkeit der Methode zu verifizieren und mögliche niederschwellige Auswirkungen auf den Naturhaushalt zu erkennen, wurde unser Büro nach einem ersten Gutachten 2013 auch 2014 beauftragt, ein limnologisches Gutachten zu erstellen.

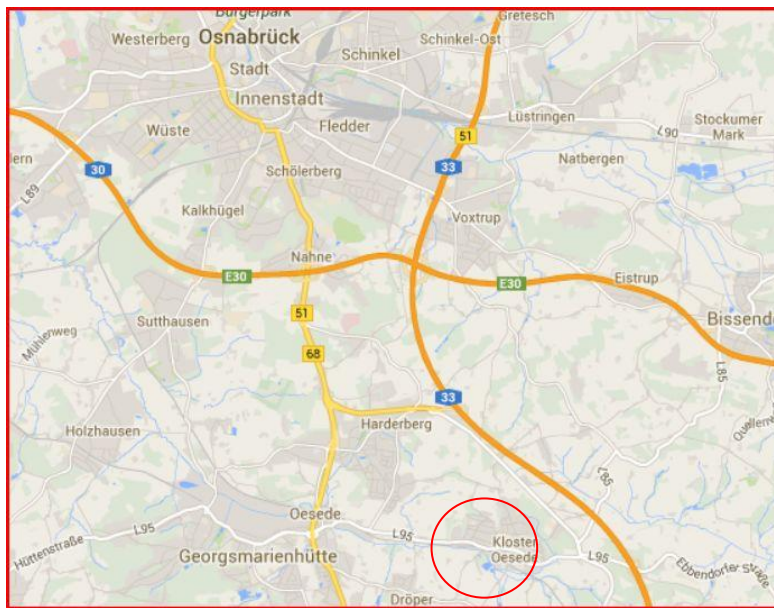


Abb.1: Lage des Mühlenteichs im Gebiet Georgsmarienhütte, Großraum Osnabrück

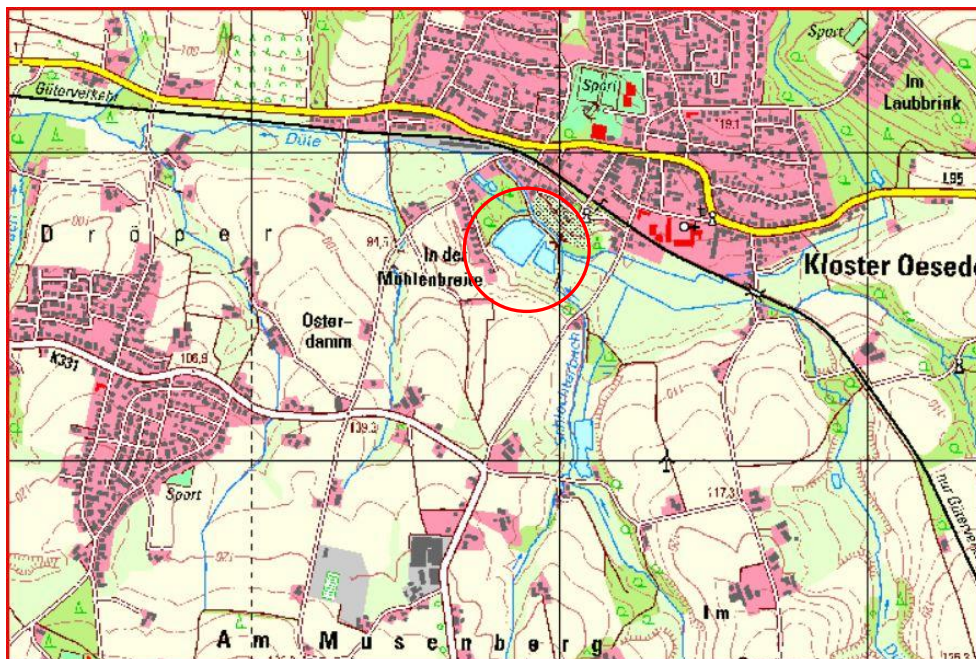


Abb.2: Lage des Mühlenteichs bei Kloster Oesede an der Düte

2 Methodik

2.1 Termine und Probestellen

Die Untersuchungen wurden zwischen Sommer und Herbst 2014 an drei Terminen durchgeführt:

16.06.2014

Einbringung des Mittels

17.07.2014

20.10.2014

Die Untersuchung sollte ausschließlich im westlichen Teich ohne die Verlandungszone im Nordbereich stattfinden.

An drei Probestellen P2 P4 und P5 (Abb.5, Kreise) wurden jeweils die physikalisch-chemischen Messungen an der Oberfläche und über Grund vorgenommen

Sedimentproben wurden an den beiden ersten Terminen an 5 Probestellen (Abb.5 rot) entnommen und gemessen, am dritten Termin wurden weitere 10 Probestellen (Abb.1 grün) zusätzlich bearbeitet. An den Probestellen wurde jeweils die Schlammdicke ermittelt.

Die Zusammensetzung des Planktons wurde aus einer Sammelprobe aus Netzzügen an jeweils 3 Stellen P2, P4 und P5 (Abb.5, Kreise) analysiert.

In 5 Bereichen um die Probestellen P1 bis P5 wurde die Zusammensetzung der Makrophytenvegetation erfasst und Proben der Biomasse ausgewertet.

2.2 Untersuchungsparameter

2.2.1 Vor-Ort-Messungen

An den Probestellen wurde die Sichttiefe (m) mit einer Secchi-Scheibe bestimmt.

An allen Terminen wurden an den Probestellen jeweils mittels Elektroden folgende Messungen an der Oberfläche und über Grund vorgenommen:

- Sauerstoff (Gehalt in mg/l)
- Sauerstoff (Sättigung in %)
- Temperatur (°C)
- PH-Wert
- Elektr. Leitfähigkeit (µS/cm)

Die Entnahme von Wasserproben erfolgte bei den Probenahmeterminen vom Boot aus mittels Pumpe über Grund und als Schöpfprobe von der Oberfläche.

Sedimentdicken wurden durch den Einsatz von Stechrohren erfasst. Relationen zu Wassertiefe und früheren Messungen konnten durch die früher im See eingebrachten Stäbe erfolgen.

Mittels Greifer wurden aus dem oberflächennahen Sediment Proben entnommen.

2.2.2 Laboranalytik

In allen Wasserproben der Beprobung wurden folgende Parameter analysiert:

- Chlorophyll-a (µg/l)
- Nitrat-N (mg/l)
- Nitrit-N (mg/l)
- Ammonium-N (mg/l)
- Gesamt-P (mg/l)
- Ortho-Phosphat-P (mg/l)

In allen Sedimentproben der Beprobung wurden folgende Parameter analysiert:

- Wassergehalt (% Frischgewicht)
- Glühverlust (% Trockenmasse)
- Gesamt-P (g/kg Trockenmasse)

2.2.3 Probenahme und Untersuchung des Plankton

An allen Terminen wurde für mit Planktonnetzen der Maschenweite 55µm Züge durchgeführt und die dominanten Planktonarten mit Abschätzung in Häufigkeitsklassen bestimmt.

2.2.4 Probenahme und Untersuchung der Unterwasserpflanzen

In 5 Seebereichen wurde mittels Sicht und Rechenzügen eine Abschätzung der Deckungsgrade der Wasserpflanzenvegetation erstellt.

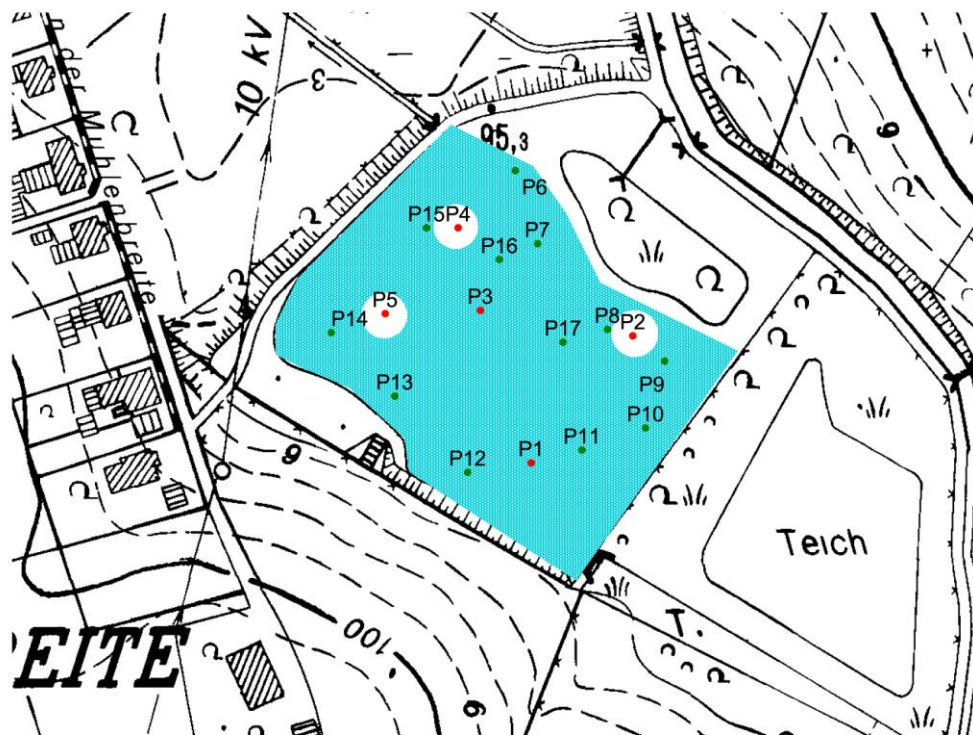


Abb.3: Probestellen im Mühlenteich Georgsmarienhütte 2014

3 Ergebnisse und Bewertung

3.1 Morphometrie

Der untersuchte Wasserkörper außerhalb der Verlandungszone nimmt eine Fläche von ca. 10.700 m² ein.

Die durchschnittliche Wassertiefe lag bei den Messungen 2013 zwischen 45 cm und 65 cm, 2014 war sie mit 90 cm bis 110 cm fast doppelt so hoch. Da kein genehmigter Zulauf existiert, kann neben dem Regenwasserzutritt nur bei Hochwasserereignissen Wasser aus Düte und Schlochterbach den Teich zusätzlich fluten, da bei dem Schlammaufkommen eine Abdichtung gegen das Grundwasser wahrscheinlich ist.

Daher betrug das durchschnittliche Wasservolumen 2014 zwischen 4.800 m³ und 11.800 m³.

Bei den gegebenen Wasserständen war ein Abfluss aus dem Teich vorhanden (Abb.4 und Abb.5).



**Abb.4: Mühlenteich mit Überlauf/Ablauf
Georgsmarienhütte 17.07.2014**



**Abb.5: Abfluss aus dem Mühlenteich
Georgsmarienhütte 17.07.2014**

Tab.1: Schlammdecken im Mühlenteich in cm

	26.06.2013	24.10.2013	16.06.2014	17.07.2014	20.10.2014
P1	80	57	56	56	50
P2	67	51	50	48	42
P3	127	105	105	98	91
P4	58	31	31	29	26
P5	125	95	95	94	75
P6		95			81
P7		80			63
P8		83			56
P9		64			45
P10		95			58
P11		77			63
P12		55			48
P13		99			82
P14		85			61
P15		82			70
P16		48			43
P17		75			62
Mittelwert		75			60

Auch 2014 war der Reduktionseffekt erst bei der Messung im Oktober eingetreten.

Die Reduktion fiel an den Stellen mit höherer Schlammmächtigkeit deutlich höher aus, wie die Einzelwerte, Prozentualen Werte und Durchschnittswerte zeigen.

Tab.2: Schlammreduktion im Mühlenteich zwischen Oktober 2013 und Oktober 2014 in cm und %

	Schlammreduktion (cm)	Schlammreduktion %
P1	7	12
P2	9	18
P3	14	13
P4	5	16
P5	20	21
P6	14	15
P7	17	21
P8	27	33
P9	19	30
P10	37	39
P11	14	18
P12	7	13
P13	17	17
P14	24	28
P15	12	15
P16	5	10
P17	13	17
Mittelwert	15	20

Nachdem 2013 bei der letzten Messung am 24.10. die durchschnittliche Schlammdecke an 15 Probestellen bei 0,75 m, gelegen hatte, waren es im Mittel Ende 2014 noch 0,60 cm.

In erster Näherung wurde damit das Schlammvolumen von maximal ca. 8.000 m³ auf ca. 6.400 m³ reduziert (Abbaureate 20%).

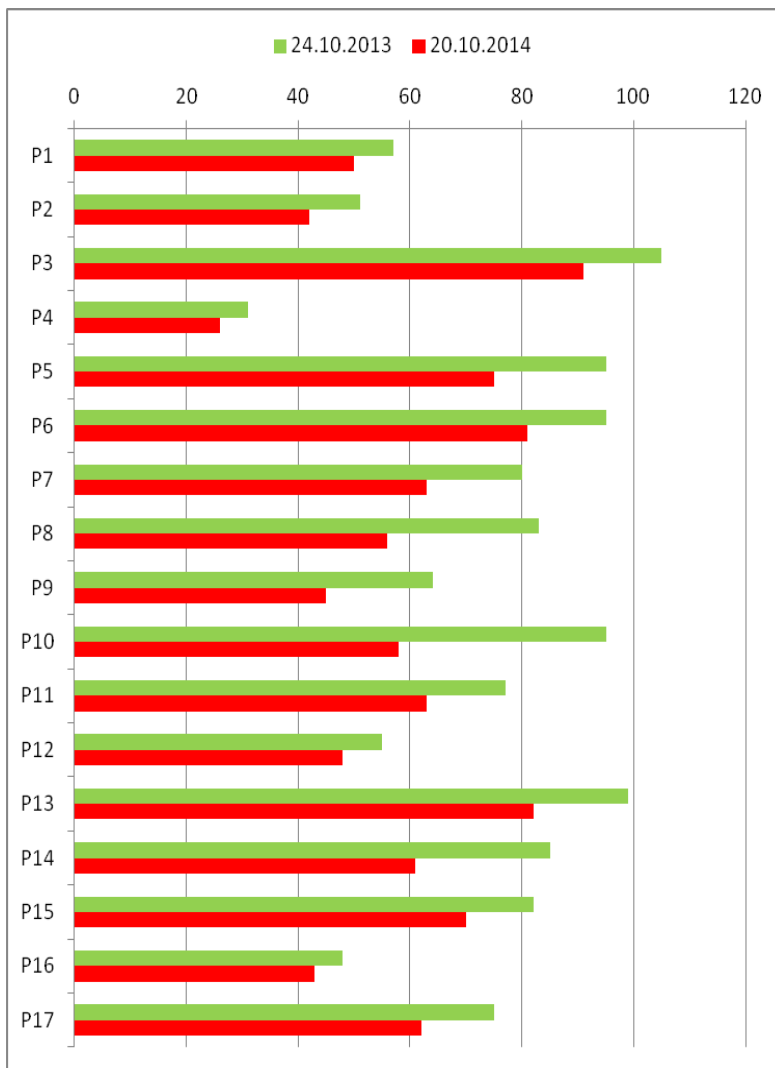


Abb.6: Entwicklung der Schlammdicke (cm) im Mühlenteich Oktober 2013 bis Oktober 2014

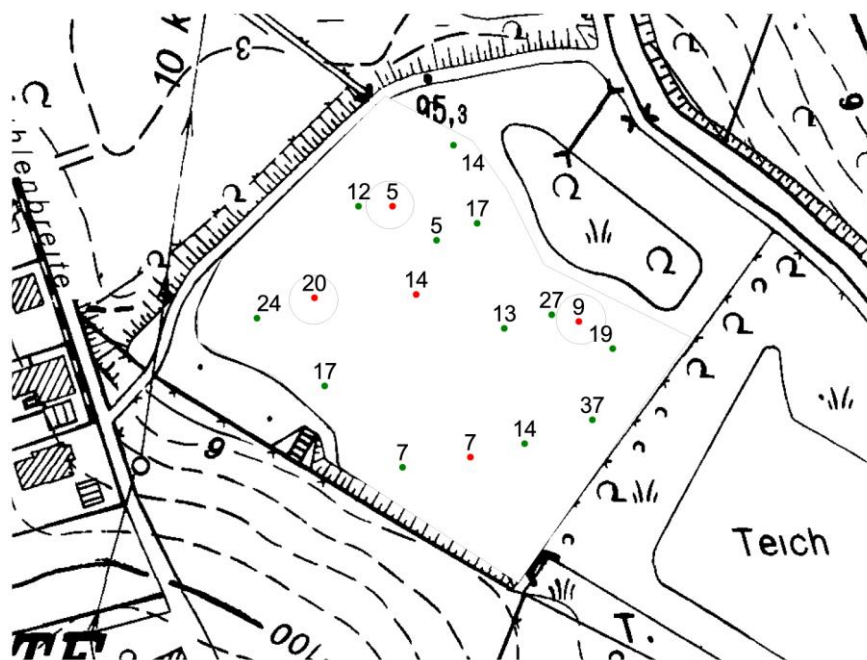


Abb.7: Verteilung der Schlammdickenreduktion (cm) im Mühlenteich an 15 Probestellen am 22.10.14

3.2 Klima

Im Untersuchungsjahr fielen gerechnet von November 2013 bis Oktober 2014 an der Wetterstation Lengerich 734 mm Niederschlag. Im Vergleich zu den Durchschnittsdaten für Münster (ca. 750mm/a) und Osnabrück (ca. 850mm/a) war der Zeitraum eher niederschlagsarm.

Entsprechend der Jahresverteilung der Niederschläge fielen auch die Wasserspiegel-Schwankungen aus.

Im Vergleich hierzu würden Extrem-Niederschläge, wie die in der Nachbarschaft in Münster im Sommer stattgefundenen (400mm in kurzer Zeit) Werte, auf das kleine Teichsystem einen großen Einfluss haben.

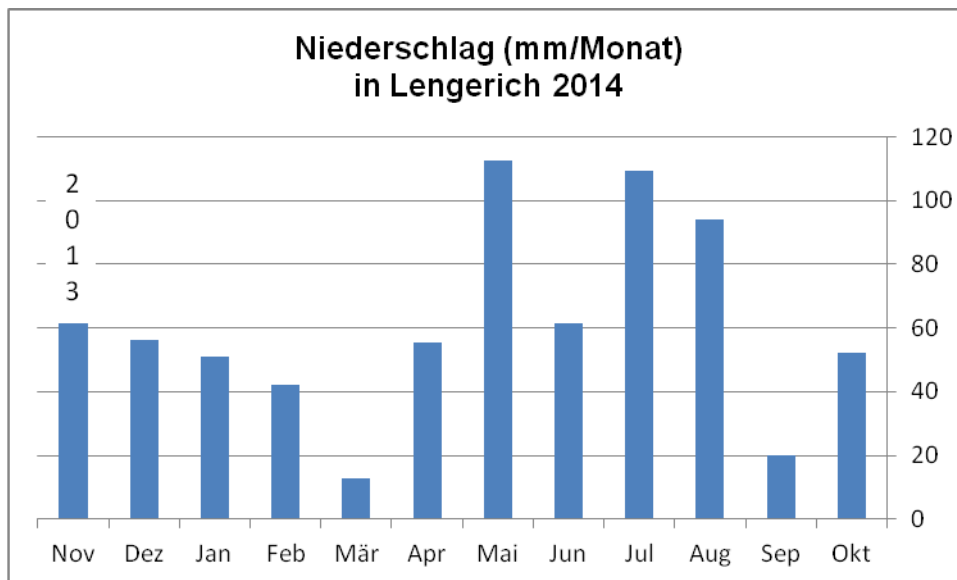


Abb.8: monatliche Niederschlagssummen in Lengerich 2014

3.3 Physikalische Werte und Chlorophyll-a

3.3.1 Wassertemperatur

Info: In einem See kann sich im Sommer zwischen dem oberflächennahen Wasserkörper (Epilimnion) und dem Tiefenwasser (Hypolimnion) ein Temperaturgefälle ausbilden, das in der "Sprungschicht" (Metalimnion) stark ausgeprägt ist (Sommerstagnation). In Frühjahr und Herbst wird der Wasserkörper, abhängig von verschiedenen limnophysikalischen Faktoren, zumeist größtenteils durchmischt (Frühjahrs- und Herbstzirkulation). Nach Abkühlung des gesamten Wasserkörpers auf 4 °C und stärkerer Abkühlung an der Oberfläche (Eisbildung) kann auch im Winter wiederum eine Stagnationsphase mit umgekehrtem Temperaturgefälle eintreten.

In Flachwasserseen finden diese typischen Schichtungen nicht oder nur partiell statt.

Nur saisonale Einflüsse waren für unterschiedliche Wassertemperaturen verantwortlich, der Wasserkörper durchmischt sich bei der geringen Tiefe fast vollständig. Nur bei höheren Temperaturen ist die schnellere Erwärmung der Oberfläche ersichtlich.

Tab.3: Wassertemperaturen im Mühlenteich

Temperatur °C	16.06.2014	17.07.2014	20.10.2014
P2 Oberfläche	19,0	25,2	14,3
P2 über Grund	18,6	22,3	14,2
P4 Oberfläche	19,2	24,8	14,5
P4 über Grund	19,0	22,2	14,3
P5 Oberfläche	19,1	25,4	14,2
P5 über Grund	18,7	23,0	14,2

3.3.2 Sauerstoff (Gehalt und Sättigung)

Info: Ein ausreichender Sauerstoffgehalt bildet die Lebensgrundlage für die höheren Organismen in einem See. Die Sättigung des Wassers mit Sauerstoff wird von physikalischen Prozessen (temperaturabhängig) und in größerem Maß von biologischen Prozessen bestimmt. Bei einer höheren Biomasseproduktion durch pflanzliche Organismen (Phytoplankton, aquatische submerse Makrophyten) kann die Sättigung weit über 100% ansteigen. Mit der Zunahme von bakteriellen Abbauprozessen organischer Materie können durch den einhergehenden Sauerstoffverbrauch anaerobe Verhältnisse entstehen. Insbesondere an die tiefsten Stellen eines Sees wird durch Sedimentation und Horizontaltransport ein größerer Anteil der zersetzenden Biomasse verfrachtet, so dass dort auch die größten Sauerstoffdefizite entstehen.

In nährstoffreichen Seen mit hoher Primärproduktion sind demnach hohe Extrema im Vertikalprofil zu erwarten.

In Flachseen mit Unterwasservegetation kann die Sauerstoffverteilung je nach saisonalem Entwicklungsstand der Makrophyten ein anderes Bild abgeben. Größere vertikale Unterschiede werden durch eine schnelle Durchmischung nivelliert.

Trotz der geringen Wassertiefe waren die Abbauprozesse über Grund deutlich höher, so dass sich die niedrigeren Sauerstoffwerte dort zumindest an den ersten beiden Terminen erkennbar von den durch die Biomasseproduktion bedingten hohen Werten an der Oberfläche unterschieden. Im Oktober war durch den langen Spätsommer ebenfalls nochmals eine längere Phase der Wachstumsprozesse der Wasserpflanzen eingetreten.

Tab.4: Sauerstoffsättigung im Mühlenteich

Sauerstoffsättigung (%)	16.06.2014	17.07.2014	20.10.2014
P2 Oberfläche	142	138	96
P2 über Grund	47	67	84
P4 Oberfläche	94	115	100
P4 über Grund	54	89	86
P5 Oberfläche	76	77	73
P5 über Grund	41	63	72

3.3.3 Leitfähigkeit

Info: Die elektrische Leitfähigkeit hängt von der Gesamt-Ionenkonzentration im See ab. Sie wird vor allem durch geogene Prozesse im zufließenden Grundwasser, aber auch durch Akkumulation von Abbauprodukten im See, wie auch durch Niederschläge und externe Stoffeinträge beeinflusst.

Bei einer (auch teilweisen) Anbindung an Fließgewässer ist die Leitfähigkeit in der Regel deutlich höher, Gewässer ohne Grundwasseranbindung oder Zufluss werden hauptsächlich durch ionenärmere Niederschläge gespeist und weisen daher meist geringere Werte auf.

Die Schwankungen im Ionengehalt im Wasserkörper des Sees fielen 2014 geringer aus. Einerseits haben in Flachseen durch hohe Dynamik in Biomasse-Auf- und Abbau, sowie Sedimentaufwirbelung und Rücklösung einige Prozesse größere Auswirkungen auf die Ionenkonzentrationen im gesamten See. Andererseits fallen auch Veränderungen im

Wasservolumen durch Niederschläge und Verdunstung wesentlich stärker ins Gewicht.

Vermutlich durch die winterlichen Niederschläge ohne gleichzeitige Zufuhr salzreicheren Wassers aus Grundwasser oder Überflutung lagen die Werte 2014 deutlich niedriger, als im Vorjahr.

Eine direkte Beeinflussung der Leitfähigkeit im Teich durch das eingebrachte Mittel ist nicht nachweisbar.

Tab.5: Leitfähigkeit im Mühlenteich

Leitfähigkeit (µS/cm)	16.06.2014	17.07.2014	20.10.2014
P2 Oberfläche	277	292	321
P2 über Grund	300	314	341
P4 Oberfläche	296	307	330
P4 über Grund	304	320	332
P5 Oberfläche	287	322	333
P5 über Grund	298	323	333

3.3.4 PH-Wert

Info: Der pH-Wert des Seewassers kann durch den Eintrag von Säurebildnern in den See oder das zufließende Grundwasser in den Bereich unter 6,5 geraten, oder durch limnochemische Prozesse infolge überhöhter Biomasseproduktion Werte über 8,5 annehmen: Der für die Biomasseproduktion von pflanzlichen Organismen notwendige Kohlenstoff kann im Wasser aus gelöstem Kohlendioxid oder auch (oft erst nach Verbrauch des verfügbaren CO₂) aus Hydrogencarbonat entnommen werden. Bei Entnahme des Kohlenstoffes aus HCO₃⁻ werden Hydroxidionen (OH⁻) ins Wasser abgegeben, und somit der pH-Wert erhöht.

In der Seenbiozönose wirken überhöhte pH-Werte schädigend auf die Fischfauna, da neben der Veränderung zu einem basischen Milieu auch das Gleichgewicht von NH₄⁺ und NH₃ im Wasser zugunsten des giftigen Ammoniaks verlagert wird.

2014 waren vor allem an Probestelle P2 bedingt durch biogene Prozesse durch ein höheres Algenwachstum höhere pH-Werte zu messen.

Eine Beeinflussung der pH-Werte im Teich durch das eingebrachte Mittel ist nicht erkennbar.

Tab.6: pH-Werte im Mühlenteich

pH-Werte	16.06.2014	17.07.2014	20.10.2014
P2 Oberfläche	9,18	9,08	8,18
P2 über Grund	7,90	8,33	8,09
P4 Oberfläche	7,92	8,34	8,07
P4 über Grund	7,84	7,90	7,95
P5 Oberfläche	7,62	7,45	7,85
P5 über Grund	7,59	7,28	7,84

3.3.5 Chlorophyll-a-Konzentration

Info: Die Chlorophyll-a-Konzentration im Seewasser korreliert direkt mit der Phytoplanktonbiomasse in der trophogenen Zone. Die Tiefenausdehnung dieses Bereiches kann stark variieren, da zum einen ein hohes Algenwachstum durch Eintrübung selbst die Wachstumstiefe limitiert, andererseits kann auch durch Aufwühlen des Sediments z.B. durch Fische (Bioturbation) Wasserbewegung in Flachseen durch Wind eine Trübung hervorgerufen werden.

Bei einer hohen Sichttiefe kann andererseits auch noch in größerer Tiefe ein Planktonmaximum auftreten, wenn die Organismen sich durch Vertikalwanderung dort eingeschichtet haben.

Sind keine Indizien für ein Planktonmaximum in tieferen Zonen vorhanden (z.B. Sauerstoffmaxima) wird in der Regel in 1m Tiefe die Probe genommen.

Tab.7: Chlorophyll-a-Werte im Mühlenteich

Chlorophyll-a (µg/l)	16.06.2014	17.07.2014	20.10.2014
P2 Oberfläche	51	66	38
P4 Oberfläche	41	62	32
P5 Oberfläche	38	58	29

Entsprechend der Planktonentwicklung waren im Juli die höchsten Werte zu verzeichnen, im Oktober war der Wachstumsschub nur bei den Makrophyten eingetreten, die Biomasseproduktion des Plankton hatte sich deutlich verringert.

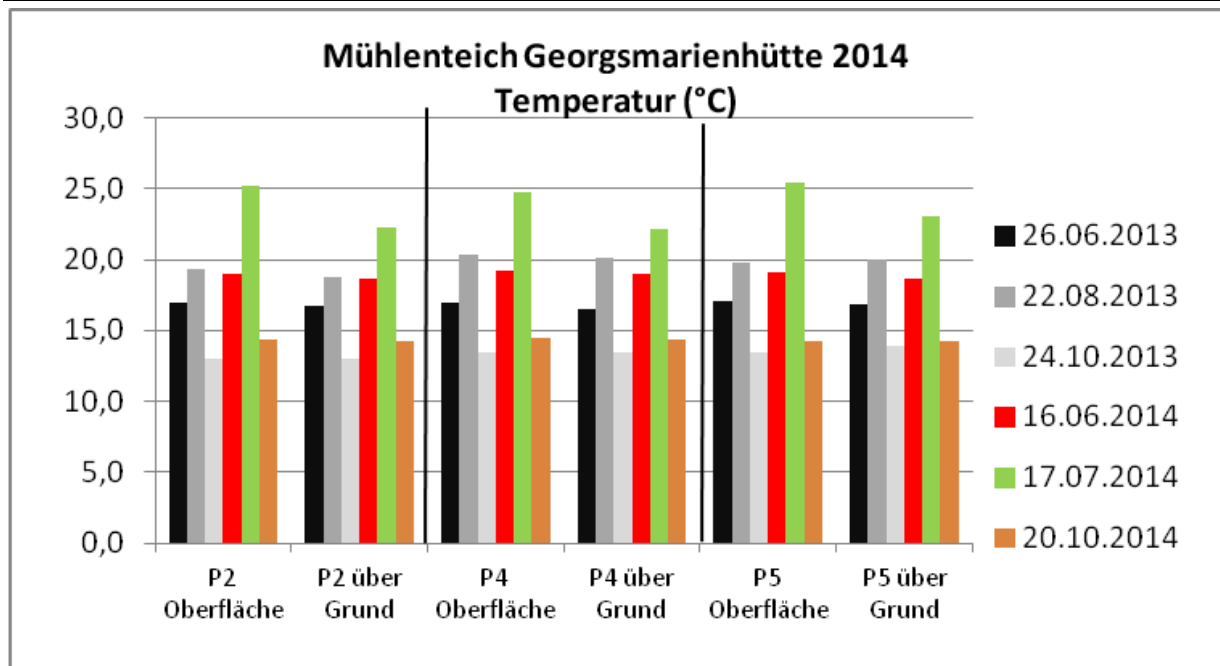


Abb.9: Wassertemperatur an den Probestellen P2, P4 und P5 an der Wasseroberfläche und über Grund im Mühlenteich 2013 und 2014

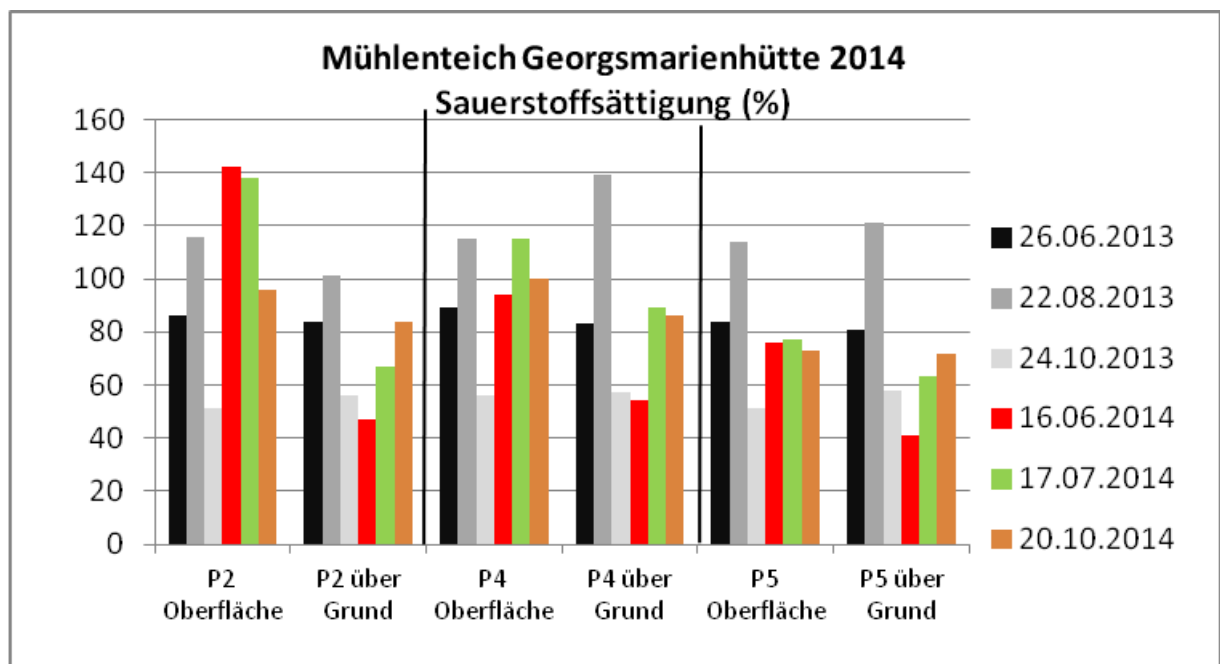


Abb.10: Sauerstoffsättigung an den Probestellen P2, P4 und P5 an der Wasseroberfläche und über Grund im Mühlenteich 2013 und 2014

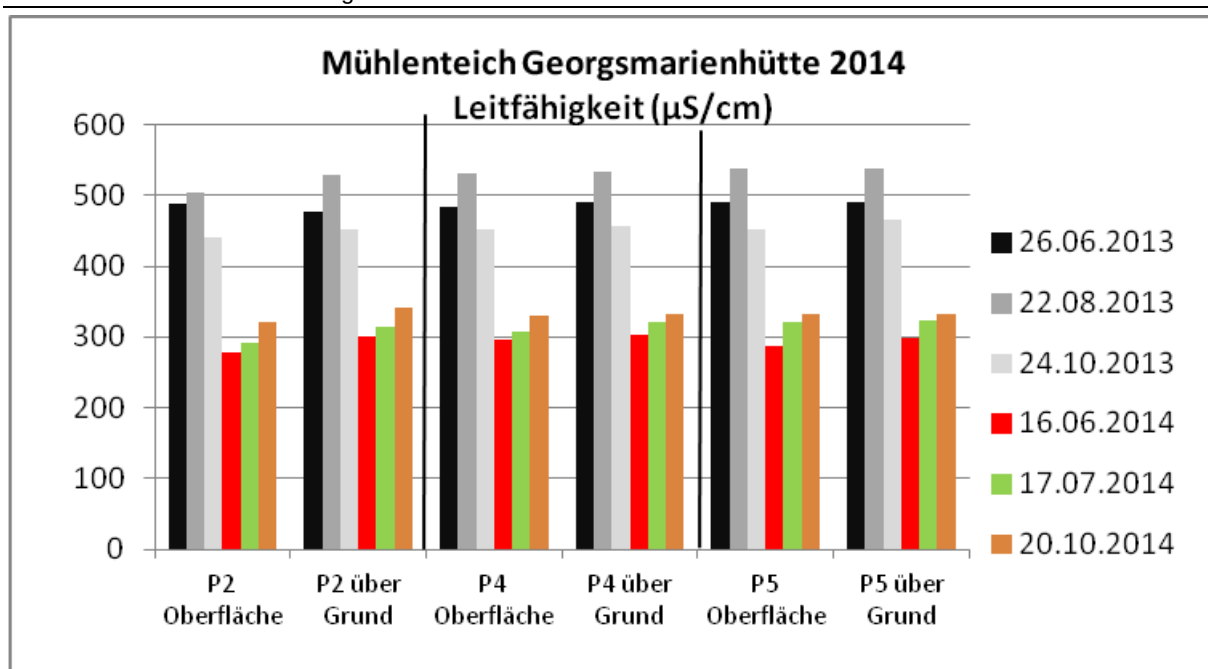


Abb.11: Leitfähigkeit an den Probestellen P2, P4 und P5 an der Wasseroberfläche und über Grund im Mühlenteich 2013 und 2014

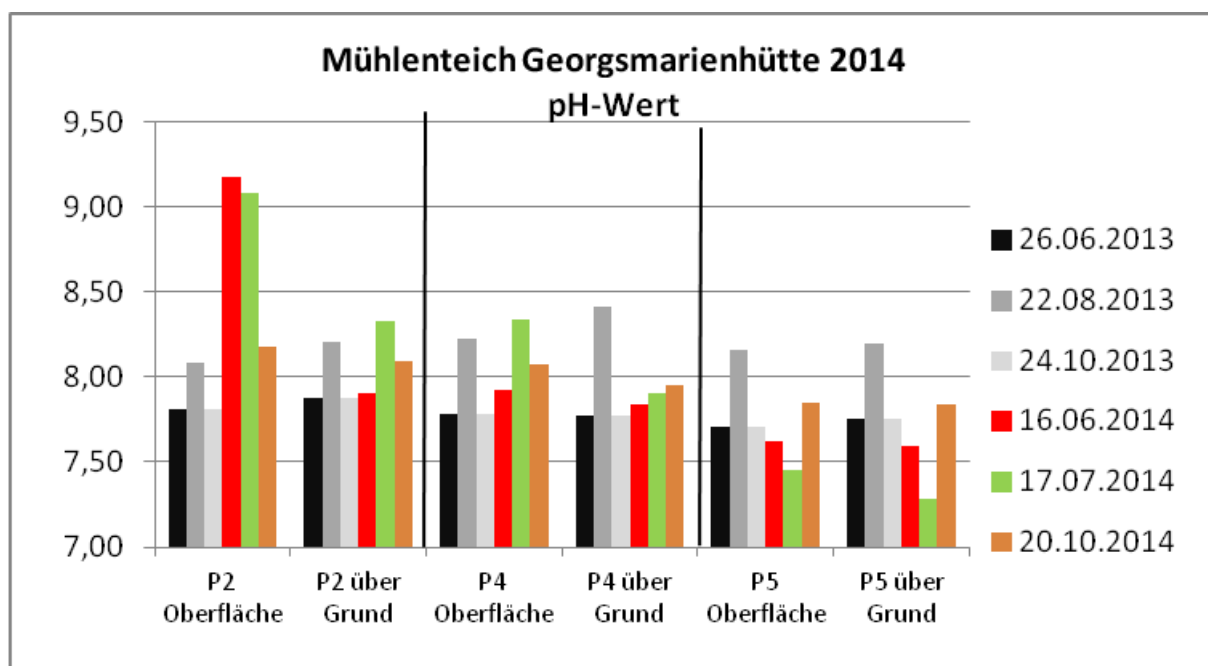


Abb.12: pH-Werte an den Probestellen P2, P4 und P5 an der Wasseroberfläche und über Grund im Mühlenteich 2013 und 2014

3.3.6 Sichttiefe

Info: In natürlichen, tieferen Seen ist die Sichttiefe in erster Linie eine Funktion der Planktonbiomasse. In flacheren Gewässern oder Flachwasserzonen können durch die Aufwirbelung von Sedimentpartikeln aufgrund von Bioturbation (Fische, Wasservögel, Menschen) oder Wellenschlag weitere Eintrübungen die Sichttiefe herabsetzen.

Die Sichttiefe reichte an allen Terminen an allen Probestellen bis zum Grund bzw. dem dort vorhandenen Bewuchs mit Unterwasserpflanzen.

3.4 Nährstoffmessungen

Info: Die wichtigste Größe und limitierender Faktor für das Biomassewachstum in einem See ist die Zufuhr von Nährstoffen und die damit verbundene Konzentration im See. In der Regel stellt Phosphor den Minimumfaktor dar, während Stickstoff oft im Überschuss vorhanden ist und insbesondere von Blaualgen auch aus der Luft fixiert werden kann.

Daher ist auch der Parameter Gesamt-P die zentrale Größe für alle Systeme der Trophiebewertung (s.u.). Bei der Einlagerung der Nährstoffe in größere Bestände höherer Unterwasserpflanzen wird somit nur die Trophie des Wasserkörpers mit der Planktongemeinschaft bewertet.

Die Nährstoffe werden durch zufließendes Grundwasser oder Oberflächenwasser, Niederschläge und Kot extern fressender Vögel eingetragen.

Weitere anthropogene Einträge können durch Badende (Sonnenöle, etc.), Anfütterung, Dünger nahegelegener Felder und Weiden oder direkte Einleitungen erfolgen.

Unter anaeroben Bedingungen können ferner aus dem Seesediment Nährstoffe aus dort abgelagerten Partikeln wieder ins Wasser gelöst werden.

3.4.1 Stickstoffgehalt

Auch 2014 lag keine der Stickstoffverbindungen Nitrat, Nitrit und Ammonium im Untersuchungszeitraum im Freiwasser in nennenswerten Konzentrationen vor.

In Anbetracht der hohen P-Gehalte (s.u.) muss Stickstoff als begrenzender Faktor für das Biomassewachstum betrachtet werden. Neben der Mobilisierung aus dem Sediment durch wurzelnde Unterwasserpflanzen können N-fixierende Blaualgen auch aus der Luft Stickstoff zum Biomasseaufbau aufnehmen.

Vergleichsweise in der Düte gemessene Werte lassen keinen Schluss auf eine dauerhafte Durchlässigkeit zu.

Tab.8: anorganische gelöste Stickstoff-verbindungen im Mühlenteich und in der Düte

Ammonium-N (mg/l)	16.06.2014	17.07.2014	20.10.2014
P2 Oberfläche	< 0,03	< 0,03	< 0,03
P2 über Grund	0,11	< 0,03	< 0,03
P4 Oberfläche	< 0,03	< 0,03	< 0,03
P4 über Grund	0,04	< 0,03	< 0,03
P5 Oberfläche	< 0,03	< 0,03	< 0,03
P5 über Grund	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Düte			< 0,03
Nitrat-N (mg/l)	16.06.2014	17.07.2014	20.10.2014
P2 Oberfläche	< 0,5	< 0,5	< 0,5
P2 über Grund	< 0,5	< 0,5	< 0,5
P4 Oberfläche	< 0,5	< 0,5	< 0,5
P4 über Grund	< 0,5	< 0,5	< 0,5
P5 Oberfläche	< 0,5	< 0,5	< 0,5
P5 über Grund	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Düte			3,17
Nitrit-N (mg/l)	16.06.2014	17.07.2014	20.10.2014
P2 Oberfläche	< 0,005	0,021	< 0,005
P2 über Grund	0,008	0,025	< 0,005
P4 Oberfläche	0,013	0,006	0,008
P4 über Grund	0,010	0,040	< 0,005
P5 Oberfläche	< 0,005	0,011	< 0,005
P5 über Grund	< 0,005	0,014	< 0,005
Düte			0,012

3.4.2 Phosphorgehalt

In den Wasserproben der Monitoringuntersuchung wurden zwei P-Fractionen analysiert. Mit dem ortho-Phosphat wird der im Wasser als Phosphationen gelöst vorliegende Phosphorgehalt gemessen.

Der Gesamt-P umfasst sowohl allen in organischer Materie im Freiwasser (Plankton) gebundenen Phosphor, als auch den gelösten Phosphor. In einem Flachsee mit Unterwasservegetation gehört ein weiterer Anteil zu resuspendierten Schlammpartikeln und zersetzenden Pflanzenteilen. Nicht erfasst werden anorganisch gebundene, schwerlösliche P-Verbindungen und der in den höheren Pflanzen gebundene Phosphor.

Über die Wintermonate bis zum Frühsommer waren die Gesamt-P-Konzentrationen im Freiwasser des Mühlenteichs 2014 bis auf Werte über 1 mg/l angestiegen. 30-50% über Grund teils noch mehr, waren in planktische oder absedimentierende Biomasse umgesetzt.

Damit lagen die Werte im Mühlenteich einem Bereich, der für **Stillgewässer** ungewöhnlich hoch ist und als hypertroph eingestuft wird. Vergleichsweise liegt in NRW der Richtwert der Allgemeinen Güteanforderungen (AGA) für **Fließgewässer** für Gesamt-P bei 0,3 mg/l.

Vergleichsmessungen in der Düte zeigten mit 0,15 mg/l sogar niedrigere Werte, so dass ein dauerhaft latenter Zufluss als Ursache ausgeschlossen werden kann. Allerdings können kurze Überflutungsschübe insbesondere bei Überstau umliegender Flächen durch Hochwässer erhebliche Nährstoffeinträge mit sich bringen.

Dazu sorgt die hohe Dynamik im Auf- und Abbau von Biomasse sowohl in den Plankton-Organismen, als auch in den Unterwasser-Pflanzen auch für hohe Schwankungen im Nährstoffgehalt des Wasserkörpers.

Auffällig war der Rückgang der hohen Werte bei der Oktober-Messung auf das Niveau des vergangenen Jahres.

Dies stützt zumindest die These, dass das eingebrachte Mittel auch für eine P-Reduktion im Freiwasser sorgt.

Tab.9: Gesamt-P-Gehalt im Mühlenteich

Gesamt-P (mg/l)	16.06.2014	17.07.2014	20.10.2014
P2 Oberfläche	0,556	0,484	0,208
P2 über Grund	1,176	0,521	0,131
P4 Oberfläche	0,936	0,612	0,128
P4 über Grund	0,836	0,894	0,251
P5 Oberfläche	0,750	0,859	0,248
P5 über Grund	0,663	0,917	0,210
Düte			0,150

Tab.10: ortho-Phosphat-P-Gehalt im Mühlenteich

	16.06.2014	17.07.2014	20.10.2014
P2 Oberfläche	0,298	0,296	0,072
P2 über Grund	0,195	0,281	0,064
P4 Oberfläche	0,487	0,366	0,039
P4 über Grund	0,419	0,450	0,077
P5 Oberfläche	0,452	0,554	0,090
P5 über Grund	0,401	0,599	0,092

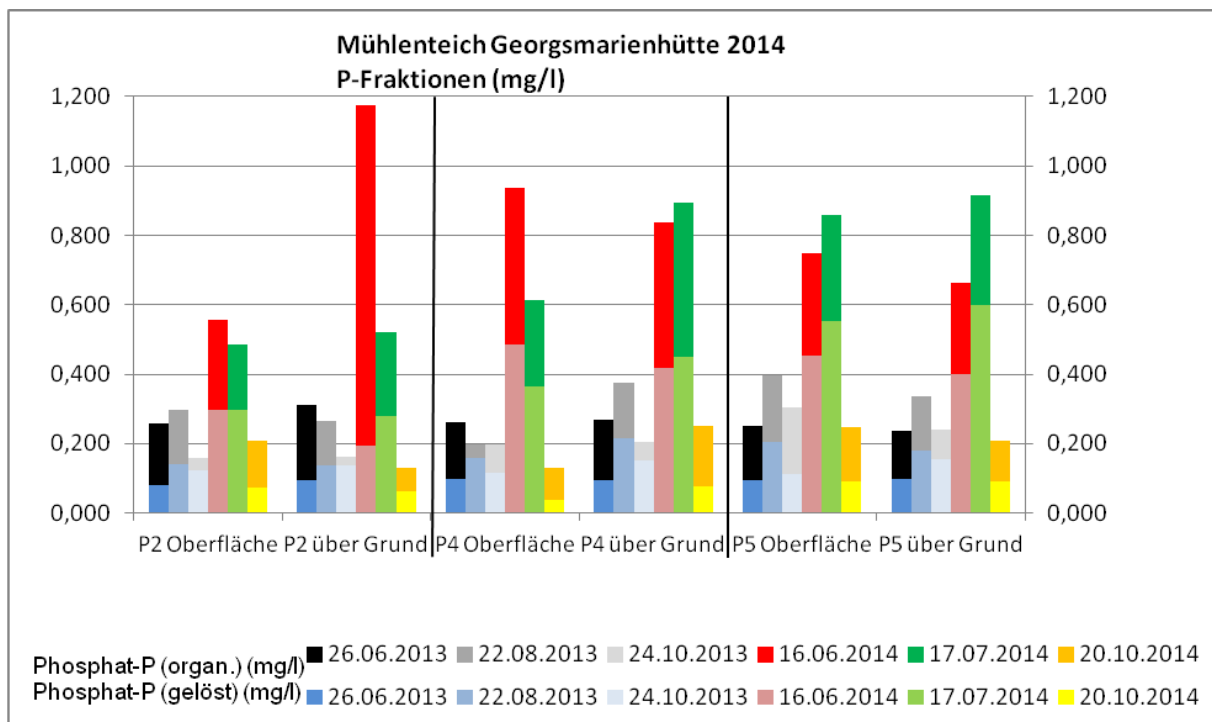


Abb.13: Gehalt an Gesamt-P, bestehend aus gelöstem ortho-Phosphat-P (mg/l) und organisch gebundenem P (mg/l) an den Probestellen P2, P4 und P5 an der Wasser-oberfläche und über Grund im Mühlenteich 2013 und 2014

3.5 Sediment

Der Wassergehalt der Sedimente war auch 2014 inhomogen, im Mittel lagen die Werte bei 73,6 % des Frischgewichts ($\pm 11,6\%$) und damit in einem ähnlichen Bereich wie 2013.

Für die Glühverlust-Werte des Sediments wurde 2014 ebenfalls eine Entwicklung wie im Vorjahr verzeichnet. Nach anfänglichem Anstieg fielen die Werte zum Herbst unter den Frühjahrswert.

Insgesamt lag der Durchschnittswert aller Messungen 2014 um 21% unter dem des Vorjahres. Mit 19,3 % der Trockenmasse ($\pm 6,3\%$) war aber weiterhin noch eine hohe Belastung mit organischem Material sichtbar, wenn auch bei der Oktober-Messung einige Werte deutlich niedriger ausfielen.

Bei dem Gesamt-P-Gehalt der Sedimentproben war 2014 gegenüber dem Vorjahr eine deutliche Reduktion erkennbar. Sie belief sich auf 30% des Gesamt-Jahresmittel bzw. 20% der Mittelwerte der Oktober-Messungen.

Der Mittelwert aller Proben lag noch 2014 bei 241 mg/kg Trockenmasse, an dem Oktobertermin betrug er nur noch 180 mg/kg Tm.

Tab.11-a: Sedimentkennwerte; Wassergehalt (WG), Glühverlust (GV) und P-Gehalt; Beprobungstermine I=16.06.14, II=17.07.14; III=20.10.14

Sedi- ment	Wassergehalt (%Frischgew.)	Glüh-Verlust (% Frischgew.)	Gesamt-P (mg/kg TM)
I-1	83,0	26,6	229
I-2	71,9	25,0	247
I-3	71,8	25,5	262
I-4	75,4	25,0	384
I-5	68,7	28,4	383
II-1	81,3	20,8	424
II-2	70,0	21,0	423
II-3	75,3	22,3	296
II-4	82,4	30,8	366
II-5	83,0	22,1	312

Tab.11-b: Sedimentkennwerte; Wassergehalt (WG), Glühverlust (GV) und P-Gehalt; Beprobungstermine I=16.06.14, II=17.07.14; III=20.10.14

Sedi- ment	Wassergehalt (%Frischgew.)	Glüh-Verlust (% Frischgew.)	Gesamt-P (mg/kg TM)
III-1	79,4	15,1	170
III-2	79,2	16,8	667
III-3	74,0	13,7	331
III-4	81,0	13,1	226
III-5	80,9	17,8	180
III-6	76,0	14,7	112
III-7	72,6	14,5	138
III-8	54,7	11,4	136
III-9	41,9	5,1	134
III-10	95,6	14,9	145
III-11	75,1	35,5	144
III-12	66,5	29,5	137
III-13	77,2	33,1	110
III-14	46,3	18,9	231

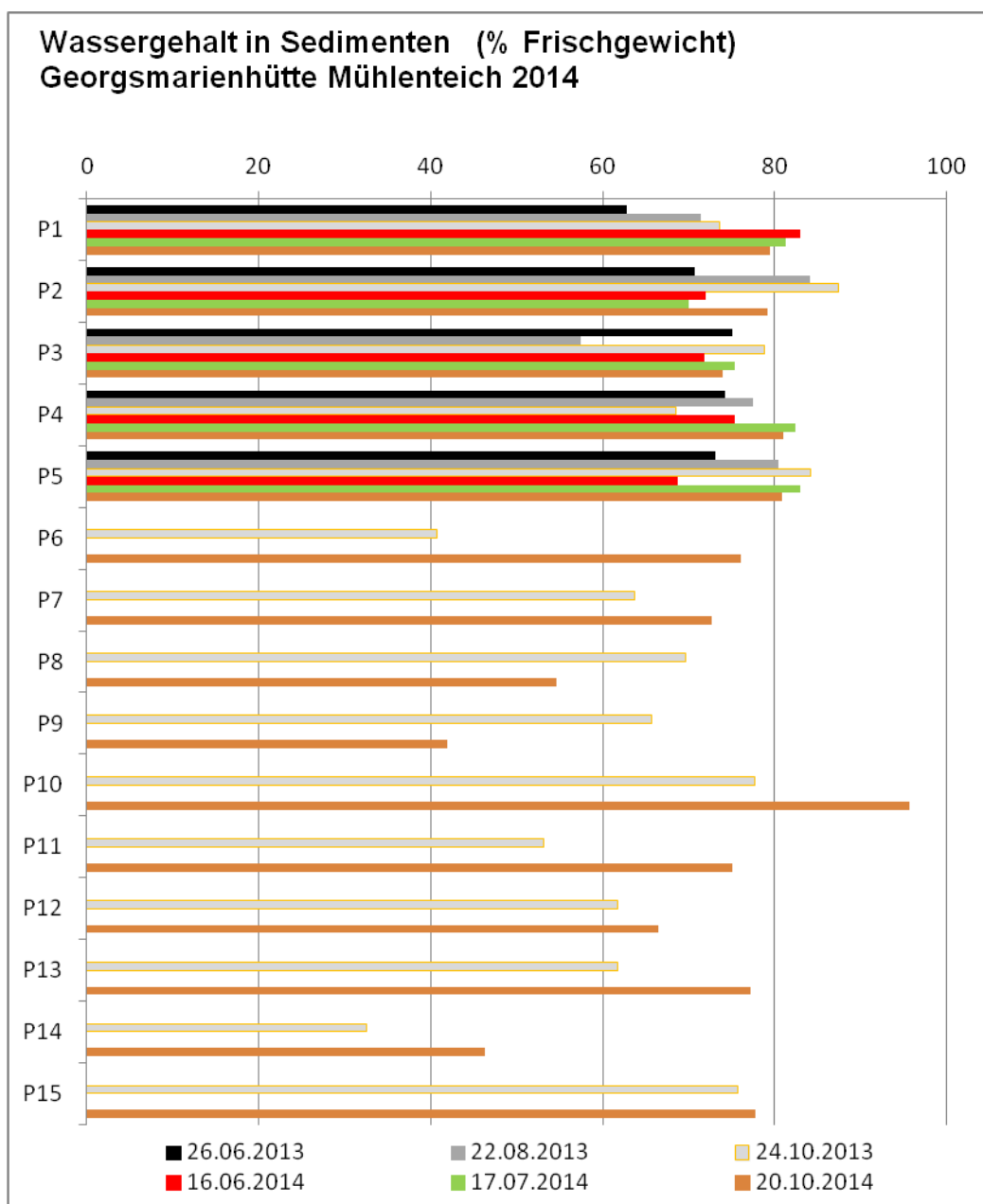


Abb.14: Wassergehalt (%Fw) in Sedimenten des Mühlenteichs an den Probestellen P1-P15 an drei Messterminen 2013 und 2014; Mittelzugabe jeweils zwischen dem ersten und zweiten Termin

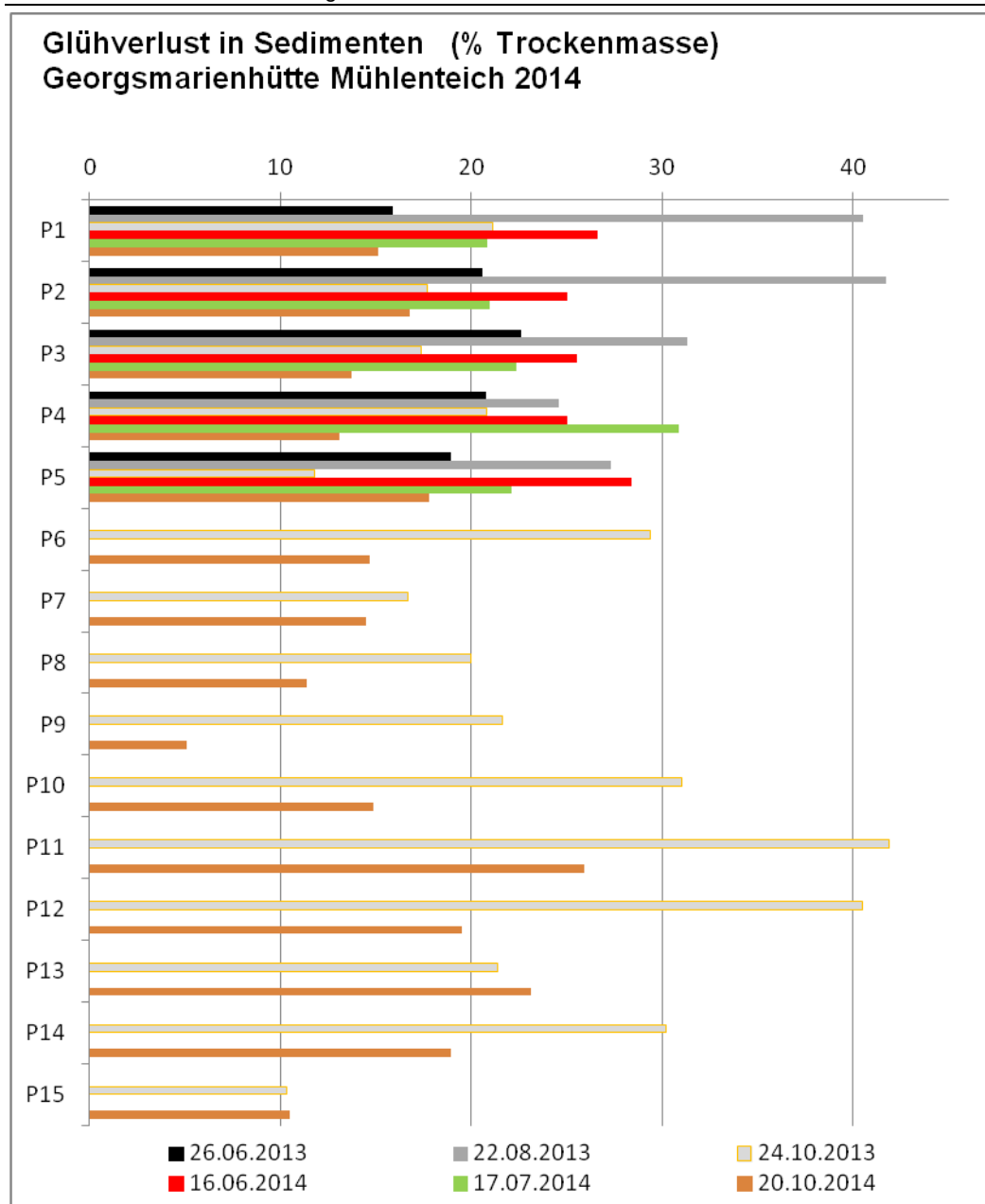


Abb.15: Glühverlust (%Tm) in Sedimenten des Mühlenteichs an den Probestellen P1-P15 an drei Messterminen 2013 und 2014; Mittelzugabe jeweils zwischen dem ersten und zweiten Termin

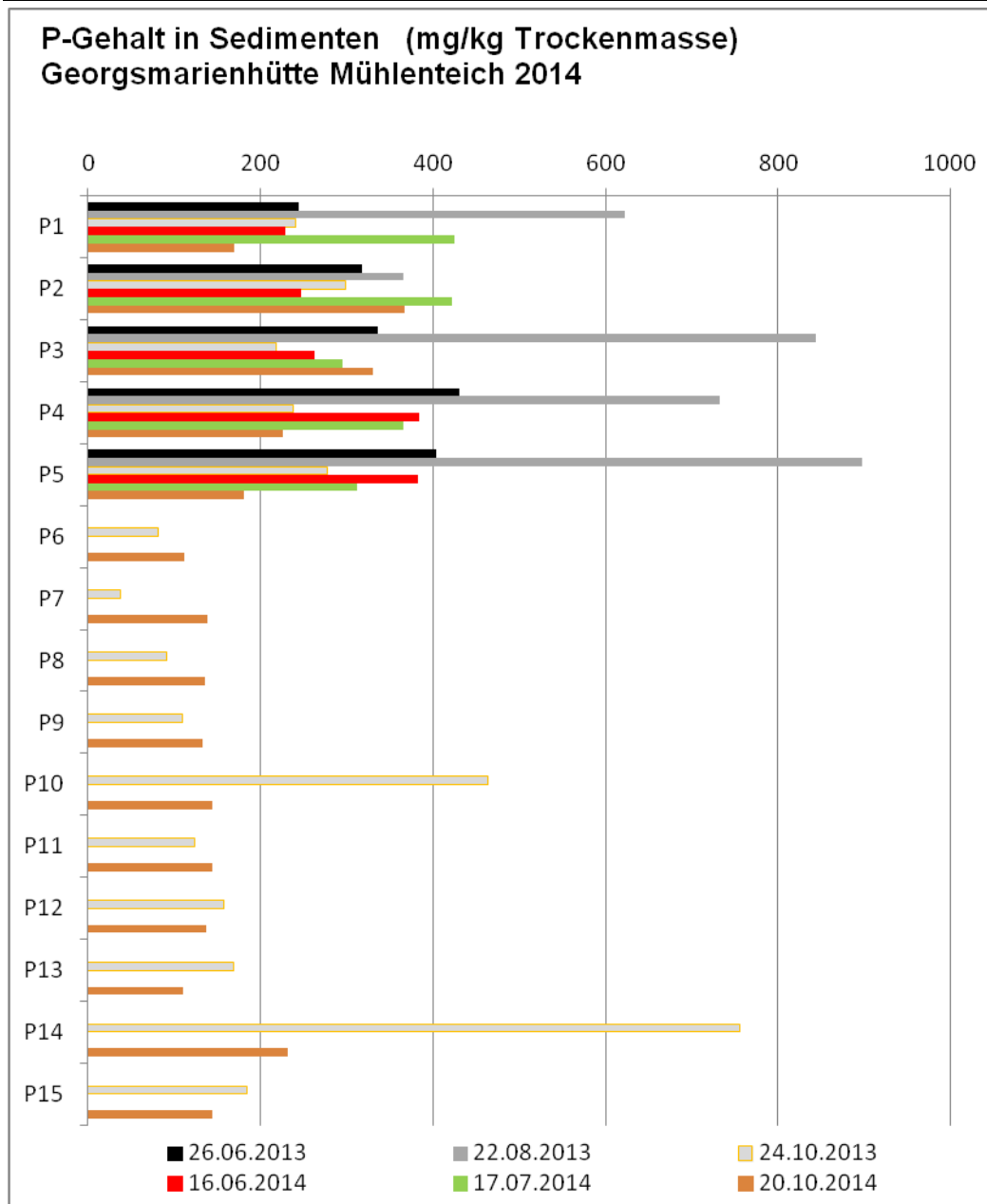


Abb.16: P-Gehalt (mg/kg Tm) in Sedimenten des Mühlenteichs an den Probestellen P1-P15 an drei Messterminen 2013 und 2014; Mittelzugabe jeweils zwischen dem ersten und zweiten Termin

3.6 Planktonuntersuchung

Info: Die Gemeinschaft aller im freien Wasserkörper schwebenden mikroskopischen Organismen wird als Plankton bezeichnet, einige Arten können auch auf Partikeln oder höheren Pflanzen siedeln. Die pflanzlichen Organismen, das Phytoplankton, produziert unter Nährstoffaufnahme, Lichteinwirkung und Sauerstoffabgabe in der Photosynthese Biomasse, die am Anfang der Nahrungskette steht. Tierische Planktonorganismen, das Zooplankton, stehen als Pflanzenfresser oder Konsumenten kleinerer Zooplankter auf den nächsten Stufen.

Je nach Nährstoffanreicherung (Trophiegrad) bilden sich saisonal wechselnd im See unterschiedliche Planktongemeinschaften aus.

Bei eutrophen Seen kommt es vermehrt zu Massentwicklungen („Blüten“) insbesondere von sogenannten „Blaualgen“ (Cyanophyceen). Vertreter dieser wegen ihrer in der Abstammung näher den ebenfalls kernlosen Bakterien auch manchmal „Cyanobakterien“ genannten Gruppe können teilweise extreme Standorte besiedeln (Thermalquellen, Gletscher) und sind nicht grundsätzlich als Belastungszeiger einzustufen.

Nachdem allerdings in den letzten Jahrzehnten immer mehr Blaualgen als Produzenten giftiger Inhaltsstoffe identifiziert wurden (Neurotoxine, Hepatotoxine, etc.), müssen Massentwicklungen dieser Arten als Gefährdung für die Seenökologie und die anthropogene Nutzung von Seen angesehen werden.

Am ersten Termin im Juni wurde das Plankton des Mühlenteiches von Zooplanktern aus der Gruppe der Rotatorier dominiert, es war schon ein deutliches Wachstum der Blaualgen feststellbar.

Im Juli war eine Blaualgen-Massentwicklung vorhanden, ohne dass dies zu einer „Algenblüte“ mit typischen Aufräumungen führte.

Mitte Oktober war trotz des lang anhaltenden warmen Wetters im Gegensatz zur Unterwasservegetation kein erhöhtes Algen-Wachstum aufgetreten.

Tab.12: Zooplankton 2014 in Häufigkeitsklassen x=Einzelfunde bis xxxx=Massenentwicklung

	16.06.2014	17.07.2014	20.10.2014
Zooplankton			
Copepoda			
Nauplier-Larven	xx	x	x
Cladocera:			
Bosmina longirostris	xx		
Rotatoria:			
Keratella cf. cochlearis	xx	x	x
Polyarthra spec.	xx	x	x
Brachionus spec.	x		
Synchaeta spec.	x	xx	
Notholca spec.			
Trichocera spec.			
Lecane spec.	x	x	
Asplanchna spec.			

Tab.13: Phytoplankton 2014 in Häufigkeitsklassen x=Einzelfunde bis xxxx=Massenentwicklung

	16.06.2014	17.07.2014	20.10.2014
Phytoplankton			
Cyanophyceae			
Anabaena spec.	xxx	xxxx	xx
Oscillatoria spec.	xx	xx	x
Aphanotece spec.	x	xx	x
Bacillariophyceae			
Pennales			
Navicula spec. (L > 15 µm)	x	x	x
Navicula spec. (L < 15 µm)	xx	xx	x
Fragilaria spec.	x	xx	xx
Nitzschia spec.			
Surirella spec.			
Cymbella spec.			
Cymatopleura spec.			
Centrales			
Cyclotella spec.	xx	xx	xx
Chlorophyceae			
Closterium spec.	xx	xx	
Dinobryon spec.			
Pediastrum div. spec.	x	x	
Scenedesmus spec.	x	x	
Dinophyceae			
Ceratium hirundinella	xxx	x	x
Peridinium cinctum			
Euglenophyceae			
Euglena spec.			
Phacus spec.	x		

3.7 Untersuchung der Unterwasserpflanzen (submerse Makrophyten)

Info: Natürlicherweise werden flachere Seen von einer reichhaltigen Vegetation höherer Pflanzen besiedelt. Durch Beschattung und Abgabe von „Hemmstoffen“ ins Wasser können sie eine Massentwicklung von Planktonalgen auch in nährstoffreichen Seen verhindern. Hat sich in einem See eine Planktondominanz etabliert, wird umgekehrt der Wachstumsbeginn der Unterwasserpflanzen durch frühe Eintrübung durch Planktonalgen behindert.

Die Wechselwirkungen unterschiedlicher Arten der submersen Makrophyten und des Phytoplanktons sind bisher nur wenig erforscht.

Neben der gut sichtbaren Präsenz der Teichrose hat sich im Mühlenteich auch ein stabiles Vorkommen an verschiedenen Laichkräutern entwickelt. Weitere typische Arten sind Tausendblatt, Hornblatt und Wasserlinsen.

In Niedersachsen sind die gefundenen Arten nicht auf der Roten Liste vertreten, wohl aber im nur wenige Kilometer angrenzenden NRW.

Ein stabiles, artenreiches Vorkommen von Unterwasserpflanzen bildet nicht nur eine Grundlage für eine Reihe von am Teich sichtbar vorhandenen Artengruppen (Amphibien, Libellen, hohes Jungfischauftreten) es sorgt auch dafür, dass die bei der gegebenen Nährstoffsituation ebenfalls verstärkt auftretenden planktischen Algen in ihrem Wachstum beschränkt werden.

Tab.14: Vorkommen der Unterwasser-Vegetation im Mühlenteich an den Terminen im Juni und Juli (zusammengefasst) und im Oktober 2014; Angaben in Schätzzahlen des Anteils an der Gesamtdeckung

		16.06./ 17.07.2014	16.06./ 17.07.2014	20.10.2014	20.10.2014	
		Westteil	Ostteil	Westteil	Ostteil	RL- NRW
Zwerg Laichkraut	<i>Potamogeton</i>					
Sammelart	<i>berchtoldii/pusillus</i>	15%	20%	1%	1%	*/3
Schwimmendes Laichkraut	<i>Potamogeton natans</i>	3%	5%	1%	1%	3
Krauses Laichkraut	<i>Potamogeton crispus</i>	30%	5%	1%	1%	3
Teichrose	<i>Nuphar lutea</i>	30%	50%	40%	40%	*
Kleine Wasserlinse	<i>Lemna minor</i>	2%	2%	2%	2%	
Dreifurchige Wasserlinse	<i>Lemna triscula</i>	3%	3%	15%	8%	3
Zartes Hornblatt	<i>Ceratophyllum submersum</i>	10%	5%	2%	2%	2
Ähren Tausendblatt	<i>Myriophyllum spicatum</i>	5%	5%	40%	45%	3
Teichfaden	<i>Zannichella sp.</i>	1%	1%			
Wasserstern	<i>Callitriche sp.</i>	1%	1%			
Fadenalgen			3%			

3.8 Trophiestatus

Wie in Tab.15 und Tab.16 ersichtlich, liegt der See 2014 im hypertrophen Bereich.

Neben den hohen Gesamt-P-Werten sprechen hierfür auch Chlorophyll-a-Gehalte und die Planktonzusammensetzung.

Der Status als Stillgewässer durch die Genese und den kleinen, verlandenden Wasserkörper bleibt zweifelhaft.

3.9 Bewertung der Wirkung des eingebrachten Mittels

Die Bewertung der Wirkung des Mittels auf die Limnologie des Teichs bestätigt die Ergebnisse der Untersuchungen 2013.

1. Die Sauerstoffsättigung im Wasserkörper stieg nach der Mittelzugabe nicht messbar an, allerdings ist auch kein Abfall des Sauerstoffgehaltes in anoxische Bereiche festzustellen.

Die Möglichkeit der Kompensation von Zehrungseffekten ist also weiterhin nicht auszuschließen.

2. Eine Reduzierung des Gehalts an gelöstem P im Freiwasser fand direkt nach der Mittelzugabe nicht statt.

Allerdings war zum Oktobertermin eine starke Abnahme des im Winter angestiegenen P-Gehalts im Freiwasser festzustellen. Eine direkte Zuordnung zu der Mittelzugabe halten wir aber nicht für zulässig, da in diesem Zeitraum gleichzeitig ausgelöst durch die spätsommerliche warme Wetterphase, nochmals ein starkes Wachstum der Unterwasservegetation stattgefunden hatte.

3. Die Sedimente wiesen im Durchschnitt aller gemessenen Proben gegenüber 2013 eine Abnahme des Glühverlustes (Maß für die organische Belastung) und des Gesamt-P-Gehaltes auf.

4. nachdem direkt nach der Mittelzugabe auch 2014 keine gravierenden Änderungen eingetreten waren, konnte auch in diesem Jahr am dritten Termin im Oktober eine deutliche Verringerung der Schlamm-dicke gemessen werden.

4 Zusammenfassung

Obwohl der Mühlenteich aufgrund seiner Entstehung und Dynamik einen hypertrophen Status aufweist, hat sich ein artenreicher Naturhaushalt etabliert.



Abb.17: Ostteil des Mühlenteiches 2014 mit Makrophytenbeständen

Amphibien, Libellen, ein hohes Jungfisch-Aufkommen und u.a. der Eisvogel sind in dem als FFH-Gebiet geschützten Biotop zu beobachten.

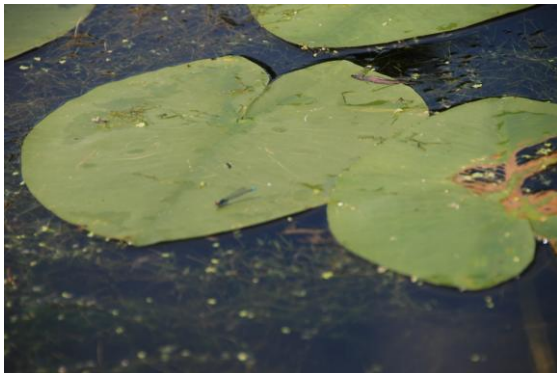


Abb.18: Libellen im Mühlenteich 2014

Trotz durchaus vorhandener Planktodynamik mit Blaualgenwachstum in den Sommermonaten stabilisiert eine vielfältige, gewachsene Unterwasserflora die Lebensbedingungen.

Die hohe Nährstofffracht hat sich über lange Zeit in dem Flachgewässer vor allem durch die früheren Fließgewässereinträge angesammelt und wird heute durch sporadische Hochwässer, Niederschläge, Laubfall und das Sediment gespeist.

Um einerseits der Verkleinerung des Wasserkörpers durch das Schlammwachstum entgegenzuwirken und andererseits den Nährstoffpool des Sediments abzubauen, wurde 2014 wie im Vorjahr eine Sanierungsmassnahme mit einer Sedimentbehandlung durchgeführt.

Ein wirksamer positiver Effekt war im Oktober nach der Einbringung des Mittels im Juni in einer deutlich messbaren Verringerung der Schlammstärke festzustellen. Nährstoffgehalt und organische Belastung des Sediments waren im Schnitt ebenfalls geringer geworden.

Eine negative Wirkung des Mittels auf Fauna oder Flora war weder nach der 2013 erfolgten Einbringung, noch nach der Zugabe 2014 festzustellen.

5 Empfehlungen

Da zur Zeit im Mühlenteich sich über Jahre ein gewachsenes, stabiles Ökosystem etabliert hat, ist jeder mechanische Eingriff mit hohen Risiken verbunden. Es kann nicht ohne Weiteres sichergestellt werden, dass der Naturhaushalt sich wieder in der bestehenden Form ausbilden wird, sollte mit dem Sediment die Unterwasservegetation entfernt werden.

Für den Wert des Teiches, trotz seines anthropogenen Ursprungs und der hohen Nährstoffdynamik sprechen Vorkommen von Amphibien und Libellen, ein sichtbar hohes Jungfischauftreten und z.B. die Präsenz des Eisvogels.

Die Gefahren eines Umschlags zu einem Blaualgen-dominierten Gewässers (vgl. Abb.19) sind aus vielen Beispielen nährstoffreicher Flachseen und Teiche bekannt. Wenn sich ein solcher Zustand eingestellt hat, ist ein hoher Schwellenwert zur Wiederbesiedlung mit einer artenreichen Unterwasservegetation vorhanden.



Abb.19: Blaualgen-Aufrahmung am Hiltruper See in Münster im Juli 2010

Da mit der Zugabe des Mittels erkennbar über die letzten zwei Jahre ein Abbau der Schlammschicht erreicht wurde, kann sich bei entsprechender Wasserzufuhr durch Niederschläge der Wasserkörper vergrößern und sich damit die Gefahr einer sauerstofffreien Zone verringern.

Hierzu sollte der Überlauf/Abfluss des Teiches überprüft und ggf. den gewünschten Bedingungen angepasst werden.

Ohne weitere Maßnahmen bleibt der Teich ein Verlandungsgewässer.

Ein Ausbaggern wird aus den genannten Gründen nicht empfohlen, die bisher durchgeführten Maßnahmen zur Schlammreduzierung haben sich als sinnvoll erwiesen und keine negativen Effekte verursacht. Mit einer Fortführung könnten Schlammstärke und der verfügbare Nährstoffpool im Sediment weiter reduziert werden.

6 Trophietabellen

**Tab.15: Abschätzung des Trophiegrades nach den im OECD-Programm untersuchten Gewässern; nach Vollenweider (1979); m = Mittelwert, SD = Standardabweichung;
im Vergleich hierzu: rechte Spalte Mühlenteich 2014 (n.g. = nicht gemessen)(ü.G. = über Grund)**

Parameter		oligotroph	mesotroph	eutroph	hypertroph	Mühlenteich 2014
Gesamt - P	m	8,0	26,7	84,4		577
(Jahresmittel)	m ± SD	4,85 - 13,3	14,5 - 49	38 - 189		233-1001
(µg/l)	Extrema	3,0 bis 17,7	10,9 bis 95,6	16,2 bis 386	750 bis 1200	131-1176
	n	21	19	71	2	18
Gesamt - N	m	661	753	1875		n.g.
(Jahresmittel)	m ± SD	371 - 1180	485 - 1170	861 - 4081		n.g.
(µg/l)	Extrema	307 bis 1630	361 bis 1387	393 bis 6100		n.g.
	n	11	8	37		n.g.
Chlorophyll a	m	1,7	4,7	14,3		46
(Jahresmittel, Mittel in der trophogenen Zone)	m ± SD	0,8 - 3,4	3,0 - 7,4	6,7 - 31		33-59
(µg/l)	Extrema	0,3 bis 4,5	3,0 bis 11	2,7 bis 78	100 bis 150	29-66
	n	22	16	70	2	9
Chlorophyll a	m	4,2	16,1	42,6		66
Maximum, Mittel in der trophogenen Zone)	m ± SD	2,6 - 7,6	8,9 - 29	16,9 - 107		
(µg/l)	Extrema	1,3 bis 10,6	4,9 bis 49,5	9,5 bis 275		
	n	16	12	46		
Sichttiefe	m	9,9	4,2	2,45		Nicht bewertbar
(Jahresmittel)	m ± SD	5,9 - 16,5	2,4 - 7,4	1,5 - 4,0		Bis ü.G.
(m)	Extrema	5,4 bis 28,3	1,5 bis 8,1	0,8 bis 7,0	0,4 bis 0,5	(max.0,8m)
	n	13	20	70	2	

Tab.16: Kennzeichen verschiedener Trophiegrade (nach DVWK 1988); im Vergleich unten: Mühlenteich 2014

Trophiegrad	Allgemeine Charakterisierung	Gesamt-P (mg/m³)	Chlorophyll-a (Mittel der trophogenen Zone, mg/m³)	Sauerstoffsättigungsindex (%) im Hypolimnion (am Ende der Sommerstagnation)
oligotroph	Nährstoffarm, gering produktiv, Sichttiefe > 5 m	< 14	< 3	> 70
mesotroph	Mäßig produktiv, mittlere Sichttiefe > 2 m	14 – 45	3 – 8	30 - 70
eutroph	Nährstoffreich, hoch produktiv, zeitw. Starke Algenentwicklung mit Wassertrübung, Sauerstoffübersättigung im Epilimnion, Sichttiefe < 2 m	> 45 – 160	> 8 - 25	0 – 30
hypertroph (polytroph)	Übermäßig nährstoffreich, stark produktiv, geringe Sichttiefe infolge häufigem Massenvon Algen, Entwicklung von Faulschlamm und H ₂ S, Sichttiefe < 1 m	> 160	> 25	0 (bereits im Frühsommer)
Mühlenteich 2014	Polymiktischer Flachsee, makrophytenbewachsen	131-1176	46	Wegen extrem geringer Tiefe nicht relevant. Nicht unter 50%