

Monitoring Mühlenteich - Georgsmarienhütte 2013



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 09.12.2013

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	3
3.1	Morphometrie	3
3.2	Klima	5
3.3	Physikalische Werte und Chlorophyll-a	6
3.3.1	Wassertemperatur	6
3.3.2	Sauerstoff (Gehalt und Sättigung)	6
3.3.3	Leitfähigkeit	6
3.3.4	PH-Wert	7
3.3.5	Chlorophyll-a-Konzentration	7
3.3.6	Sichttiefe	10
3.4	Nährstoffmessungen	10
3.4.1	Stickstoffgehalt	10
3.4.2	Phosphorgehalt	10
3.5	Sediment	12
3.6	Planktonuntersuchung	14
3.7	Untersuchung der Unterwasser-pflanzen (submerse Makrophyten)	16
3.8	Trophiestatus	18
3.9	Bewertung der Wirkung des eingebrachten Mittels	18
4	Zusammenfassung	19
5	Empfehlungen	19
6	Trophietabellen	20

Tabellenverzeichnis

Tab.1: Schlammdecken im Mühlenteich.....	3
Tab.2: Wassertemperaturen im Mühlenteich	6
Tab.3: Sauerstoffsättigung im Mühlenteich	6
Tab.4: Leitfähigkeit im Mühlenteich	7
Tab.5: pH-Werte im Mühlenteich.....	7
Tab.6: Chlorophyll-a-Werte im Mühlenteich	7
Tab.7: anorganische gelöste Stickstoff-verbindungen im Mühlenteich	10
Tab.8: Gesamt-P-Gehalt im Mühlenteich	11
Tab.9: ortho-Phosphat-P-Gehalt im Mühlenteich	11
Tab.10: Sedimentkennwerte.....	12
Tab.11: Zooplankton in Häufigkeitsklassen.....	14
Tab.12: Phytoplankton in Häufigkeitsklassen.....	15
Tab.13: Besiedlung mit submersen Makrophyten im Mühlenteich in 5 Bereichen	17
Tab.14: Abschätzung des Trophiegrades nach den im OECD-Programm untersuchten Gewässern; nach Vollenweider (1979);.....	20
Tab.15: Kennzeichen verschiedener Trophiegrade (nach DVWK 1988); im Vergleich unten: Mühlenteich 2013 ..	20

Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Düte im Bereich Kloster Oesede.....	1
Abb.2: Mühlenteich bei Kloster Oesede	1
Abb.3: Lage des Mühlenteichs im Gebiet Georgsmarienhütte, Großraum Osnabrück	1
Abb.4: Lage des Mühlenteichs bei Kloster Oesede an der Düte.....	2
Abb.5: Probestellen im Mühlenteich Georgsmarienhütte 2013	2
Abb.10: monatliche Niederschlagssummen am Flughafen Münster/Osnabrück.....	5
Abb.11: Wassertemperatur an den Probestellen P2, P4 und P5 an der Wasseroberfläche und über Grund im Mühlenteich an drei Terminen Juni-Oktober 2013.....	8
Abb.12: Sauerstoffsättigung an den Probestellen P2, P4 und P5 an der Wasseroberfläche und über Grund im Mühlenteich an drei Terminen Juni-Oktober 2013.....	8
Abb.13: Leitfähigkeit an den Probestellen P2, P4 und P5 an der Wasseroberfläche und über Grund im Mühlenteich an drei Terminen Juni-Oktober 2013.....	9
Abb.14: pH-Werte an den Probestellen P2, P4 und P5 an der Wasseroberfläche und über Grund im Mühlenteich an drei Terminen Juni-Oktober 2013	9
Abb.15: 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 Wasseroberfläche und über Grund im Mühlenteich an drei Terminen Juni-Oktober 2013	11
Abb.16: Sedimentkern aus dem Mühlenteich.....	12
Abb.17: Wassergehalt (%Fw) in Sedimenten des Mühlenteichs an den Probestellen P1-P5 an drei Messterminen 2013; Mittelzugabe zwischen dem ersten und zweiten Termin	13
Abb.18: Glühverlust (%Tw) in Sedimenten des Mühlenteichs an den Probestellen P1-P5 an drei Messterminen 2013; Mittelzugabe zwischen dem ersten und zweiten Termin	13
Abb.19: P-Gehalt (mg/kg Tw) in Sedimenten des Mühlenteichs an den Probestellen P1-P5 an drei Messterminen 2013; Mittelzugabe zwischen dem ersten und zweiten Termin	13
Abb.20: Nuphar lutea (Gelbe Teichrose).....	16
Abb.21: Potamogeton crispus (Krauses Laichkraut)	16
Abb.22: Myriophyllum spicatum (ährriges Tausendblatt).....	16
Abb.23: Potamogeton pectinatus (Kamm-Laichkraut).....	16
Abb.24: Callitriche Art (Wasserstern) neben Teichrosen	16
Abb.25: Verteilung der Dominanz submerser Makrophyten in 5 Bereichen 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 BNatsSchG.

Nachdem in den vergangenen Jahren Fischsterben beobachtet wurde, wurde 2012 ein Mittel zur Schlammreduktion eingebracht, um den Wasserkörper wieder zu vergrößern und zehrende Einflüsse zu vermindern.



Abb.1: Düte im Bereich Kloster Oesede

2013 wurde unser Büro AgL-für Umweltgutachten beauftragt, ein Gutachten über die limnologische Situation des Mühlenteichs zu erstellen und die Frage der Wirksamkeit einer parallel erfolgten erneuten Ausbringung des Mittels zur Schlammreduktion zu klären.

Die Frage einer möglichen negativen (toxischen) Wirkung des Mittels wurde von anderer Seite geklärt und ist nicht Teil des Auftrags.

Allerdings kann aus der Begutachtung der Gesamtsituation hergeleitet werden, ob deutliche Änderungen durch niedragschwellige Effekte in der Limnologie des Sees während der Ausbringung zu beobachten sind.



Abb.2: Mühlenteich bei Kloster Oesede

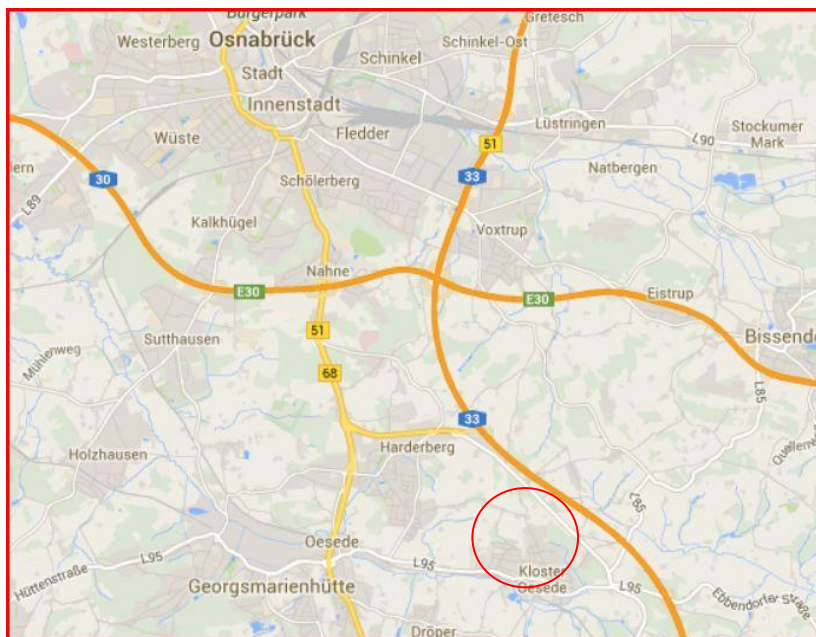


Abb.3: Lage des Mühlenteichs im Gebiet Georgsmarienhütte, Großraum Osnabrück

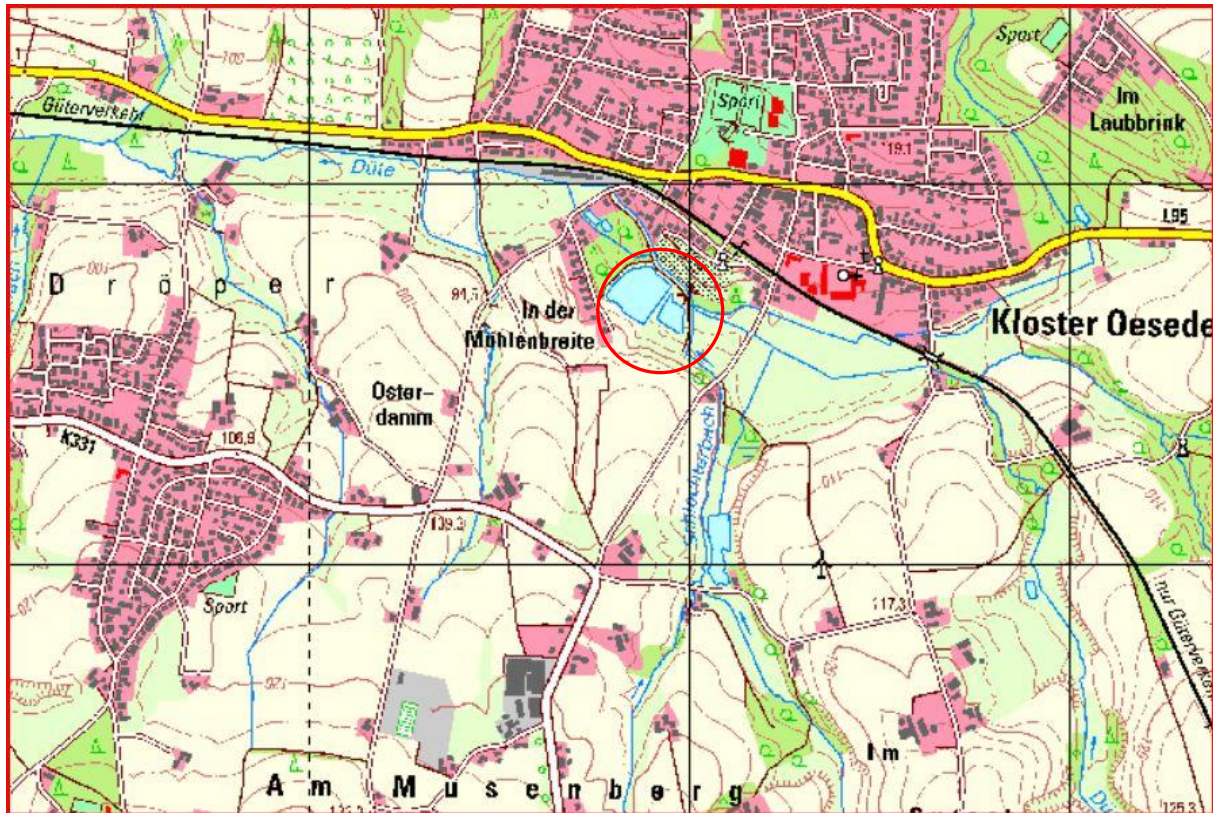


Abb.4: Lage des Mühlenteichs bei Kloster Oesede an der Düte

2 Methodik

2.1 Termine und Probestellen

Die Untersuchungen wurden zwischen Sommer und Herbst 2013 an drei Terminen durchgeführt:

26.06.2013

< 12.07.2013 Einbringung des Mittels >

24.08.2013

24.10.2013

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.

An jeweils 3 Stellen P3, P4 und P5 (Abb.5, Kreise) wurde die Zusammensetzung des Planktons aus Netzzügen 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 Probenahmetermenen 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 ($\mu\text{g/l}$)
- 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 $55\mu\text{m}$ Züge im Bereich der drei Wasserproben-Entnahmestellen durchgeführt.

Die Bestimmung der dominanten Planktonarten und Abschätzung in Häufigkeitsklassen erfolgte in allen Proben.

2.2.4 Probenahme und Untersuchung der Unterwasserpflanzen

In 5 Seebereichen wurde mittels Sicht und Rechenzügen eine Abschätzung der Deckungsgrade der Wasserpflanzenvegetation erstellt. Es wurden äquivalente Proben der gefundenen Arten entnommen.

In allen Pflanzenproben der Beprobung wurden folgende Parameter analysiert:

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

der Unterwasserpflanzen mit einem Pflanzenrechen über eine mittels GPS bestimmte Strecke gemittelt. Die entnommene Biomasse wurde in einen Flächenbezug zu der in Rechenbreite beprobten Strecke gesetzt.

In allen Proben wurde die Zusammensetzung der Pflanzenarten abgeschätzt. Das Abtropfgewicht der Proben wurde bestimmt, in Teilproben wurden die Trockenmasse und die Gehalte an Gesamt-P und Gesamt-N analysiert.

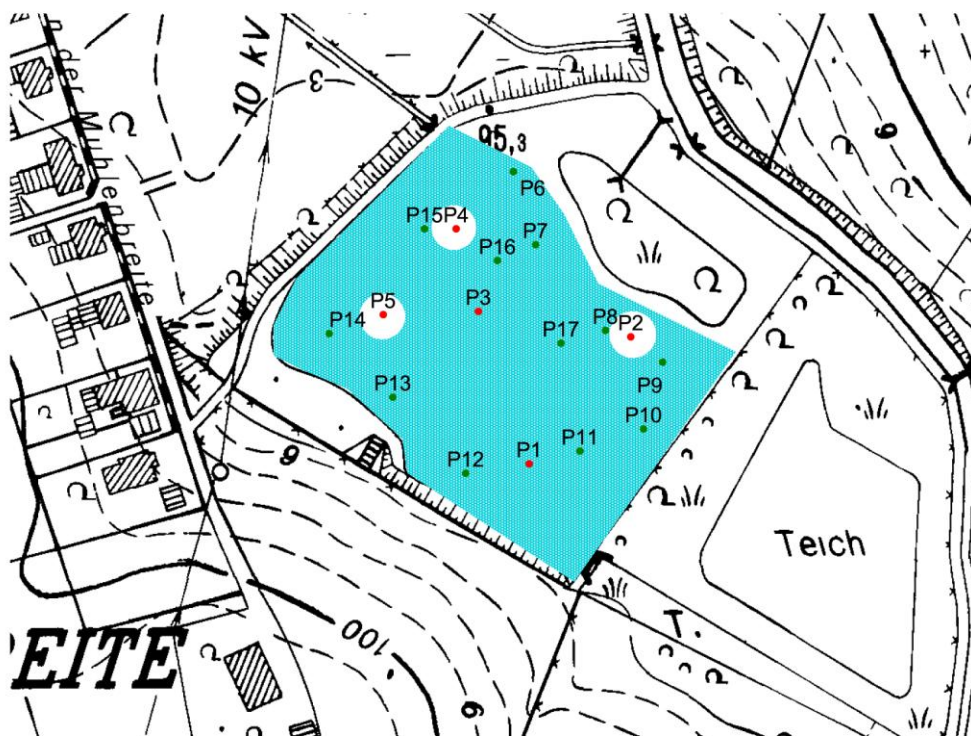


Abb.5: Probestellen im Mühlenteich Georgsmarienhütte 2013

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 ist stark witterungsabhängig, da der Teich durch das Schlamm aufkommen gegen Grundwasserzufuhr abgedichtet ist und bei Mittelwasser keine Anbindung an die Düte existiert. Allein im Messzeitraum wurde eine Schwankung von ca. 15cm beobachtet.

Allerdings wird der Teich bei Hochwasser vermutlich öfter über Düte und Schlochterbach geflutet (Abb.6 und 7).



Abb.6: Überlauf von der Düte in den Mühlenteich bei Hochwasser Sommer 2010



Abb.7: Überlauf vom Schlochterbach in den Mühlenteich bei Hochwasser Sommer 2010

Ausgehend von einer Durchschnittstiefe von 0,3 bis 0,8 m ist ein Wasservolumen von ca. 3.000 m³ bis 8.500 m³ vorhanden.

Nach der letzten Messung am 24.10.13 an lag die durchschnittliche Schlammdicke an 15 Probestellen bei 0,75 m, in erster Näherung kann von maximal ca. 8.000 m³ Schlammvolumen ausgegangen werden.

Tab.1: Schlammdicken im Mühlenteich

	31.08.2012	28.09.2012	09.11.2012	26.06.2013	22.08.2013	24.10.2013
P1	82	80	78	80	80	57
P2	78	67	55	67	62	51
P3	137	125	115	127	123	105
P4	69	67	63	58	58	31
P5	133	128	130	125	122	95
P7						80
P8						83
P9						64
P10						95
P11						77
P12						55
P13						99
P14						85
P15						82
P16						48
P17						75

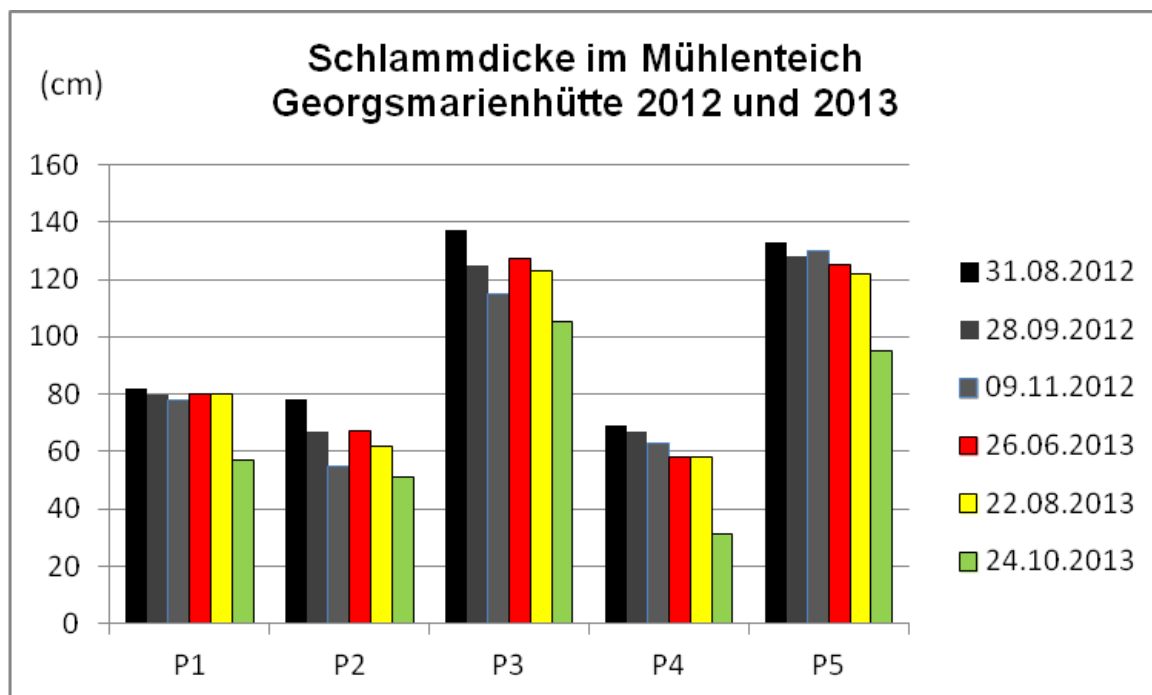
Schon bei den letzten Messungen der Firma Sack+Temme GbR vom 31.08. bis zum 09.11.12 wurde nach der Einbringung des Mittels eine wenn auch meist eher geringe Schlammreduktion verzeichnet. am 26.06.13 vor der erneuten Einbringung des Mittels waren nur minimale Änderungen an den 5 bei dieser Untersuchung festgelegten Probestellen eingetreten.

Nach zwei Monaten war am 22.08.13 noch kein relevanter Reduktionseffekt sichtbar.

Beim dritten Messtermin am 24.10.13 wurden an den fünf genannten Probestellen deutlich geringere Schlammmächtigkeiten festgestellt.

Die Reduktion betrug zwischen 11cm und 27cm, entsprechend 14% bis 46% der vorher gemessenen Schlammdicke.

Die Schlammdicken im Teich sind insgesamt unregelmäßig verteilt.



**Abb.8: Entwicklung der Schlammdicke an 5 Probestellen im Mühlenteich;
 Messung 2012 durch Sack+Temme GbR**

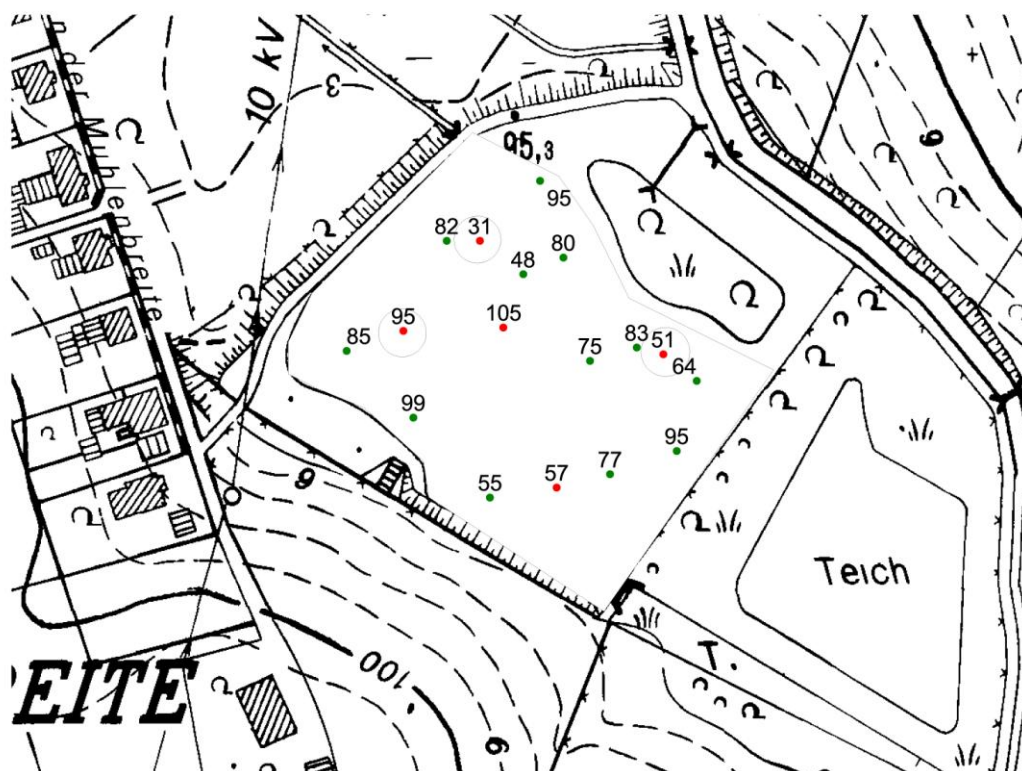


Abb.9: Verteilung der Schlammdicke im Mühlenteich an 15 Probestellen am 24.10.13

3.2 Klima

Im Untersuchungsjahr fielen gerechnet von Dez 2012 bis Nov 2013 an der Wetterstation Flughafen Münster-Osnabrück 622mm Niederschlag. Im Vergleich zu den Durchschnittsdaten für Münster (ca. 750mm/a) und Osnabrück (ca. 850mm/a) war der Zeitraum deutlich niederschlagsarm.

Entsprechend der Jahresverteilung war zwischen dem ersten Termin im Juni und dem zweiten Termin im August der Wasserspiegel erkennbar gesunken; zum dritten Termin im Oktober war nach den vorhergegangenen Niederschlägen wieder ein Anstieg sichtbar.

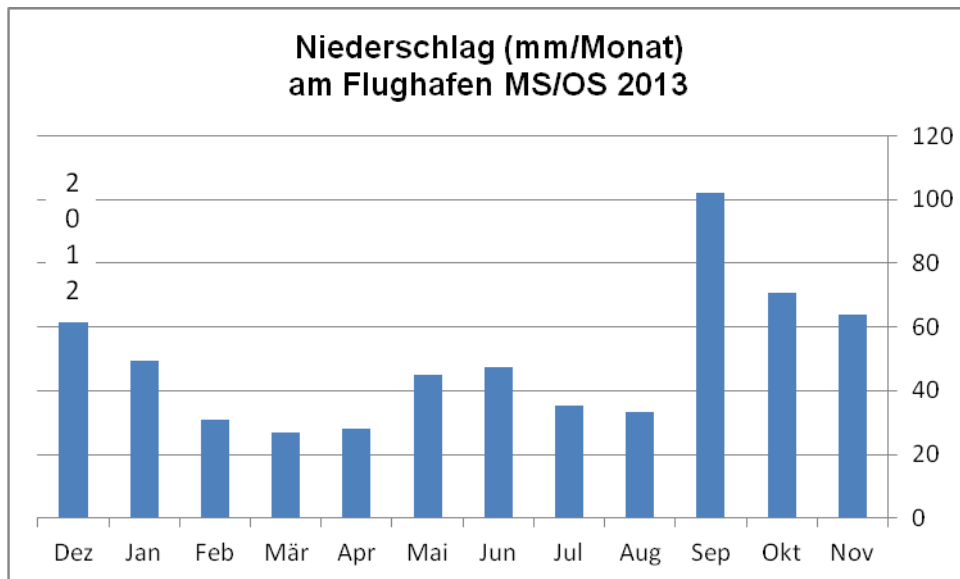


Abb.10: monatliche Niederschlagssummen am Flughafen Münster/Osnabrück

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.

Die Wassertemperatur veränderte sich entsprechend der saisonalen Witterung. Relevante Unterschiede zwischen den Probestellen oder zwischen Oberfläche und über Grund waren nicht vorhanden. Entsprechend der geringen Tiefe war eine fast vollständige Durchmischung des Wasserkörpers zumeist gegeben.

Tab.2: Wassertemperaturen im Mühlenteich

Temperatur °C	26.06.2013	22.08.2013	24.10.2013
P2 Oberfläche	17,0	19,3	13,0
P2 über Grund	16,7	18,8	13,0
P4 Oberfläche	16,9	20,3	13,5
P4 über Grund	16,5	20,1	13,5
P5 Oberfläche	17,1	19,8	13,5
P5 über Grund	16,8	20,0	13,9

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 abbilden. Größere vertikale Unterschiede werden durch eine schnelle Durchmischung nivelliert.

Zum ersten Termin im Juni überwogen bei kühlerem Wetter die Zehrungsprozesse geringfügig. Im August war eine Sauerstoff-Überproduktion durch Makrophyten und Planktonalgen zu erkennen, die über Grund noch etwa höher ausfiel. Im Herbst war der Sauerstoffgehalt deutlich reduziert, da der Abbau der Biomasse die geringere Produktion deutlich übertraf.

Tab.3: Sauerstoffsättigung im Mühlenteich

Sauerstoffsättigung (%)	26.06.2013	22.08.2013	24.10.2013
P2 Oberfläche	86	116	51
P2 über Grund	84	101	56
P4 Oberfläche	89	115	56
P4 über Grund	83	139	57
P5 Oberfläche	84	114	51
P5 über Grund	81	121	58

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.

Der kleine Wasserkörper des Mühlenteichs wies während der Untersuchungsperiode erkennbare Schwankungen im Ionengehalt auf. 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.

Die Höhe der Werte ist bei gleichzeitiger angenommener Abdichtung gegen Grundwasser-einfluss vermutlich in unregelmäßig stattfindenden Einträgen durch Hochwasser aus Düte und Schlochterbach begründet.

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

Tab.4: Leitfähigkeit im Mühlenteich

Leitfähigkeit (µS/cm)	26.06.2013	22.08.2013	24.10.2013
P2 Oberfläche	489	505	440
P2 über Grund	478	528	453
P4 Oberfläche	484	532	452
P4 über Grund	490	533	457
P5 Oberfläche	490	537	453
P5 über Grund	490	538	465

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.

Die pH-Werte wiesen keinerlei Auffälligkeiten in Höhe, Verteilung und saisonalem Verlauf auf.

Eine leichte biogene Erhöhung zum Augusttermin entsprach der höheren Biomasse-Produktion.

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

Tab.5: pH-Werte im Mühlenteich

pH-Werte	26.06.2013	22.08.2013	24.10.2013
P2 Oberfläche	7,81	8,08	7,81
P2 über Grund	7,88	8,21	7,88
P4 Oberfläche	7,78	8,22	7,78
P4 über Grund	7,77	8,41	7,77
P5 Oberfläche	7,71	8,16	7,71
P5 über Grund	7,75	8,20	7,75

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 Flachsen 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.6: Chlorophyll-a-Werte im Mühlenteich

Chlorophyll-a (µg/l)	26.06.2013	22.08.2013	24.10.2013
P2 Oberfläche	35	41	55
P4 Oberfläche	38	44	51
P5 Oberfläche	32	42	61

Entsprechend der saisonalen Entwicklung der Witterung war zwischen den Terminen ein Anstieg der insgesamt hohen Chlorophyll-a-Werte zu verzeichnen.

Dies kann als Indiz für eine zunehmende Biomasseproduktion durch Planktonalgen gewertet werden.

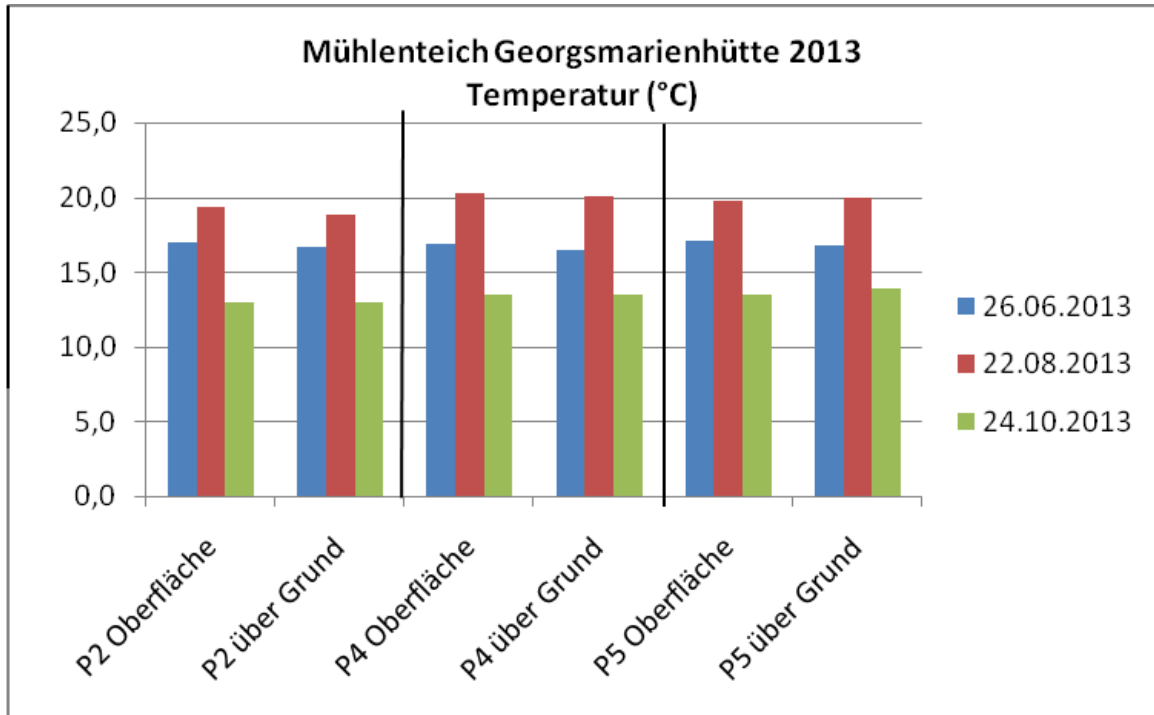


Abb.11: Wassertemperatur an den Probestellen P2, P4 und P5 an der Wasseroberfläche und über Grund im Mühlenteich an drei Terminen Juni-Oktober 2013

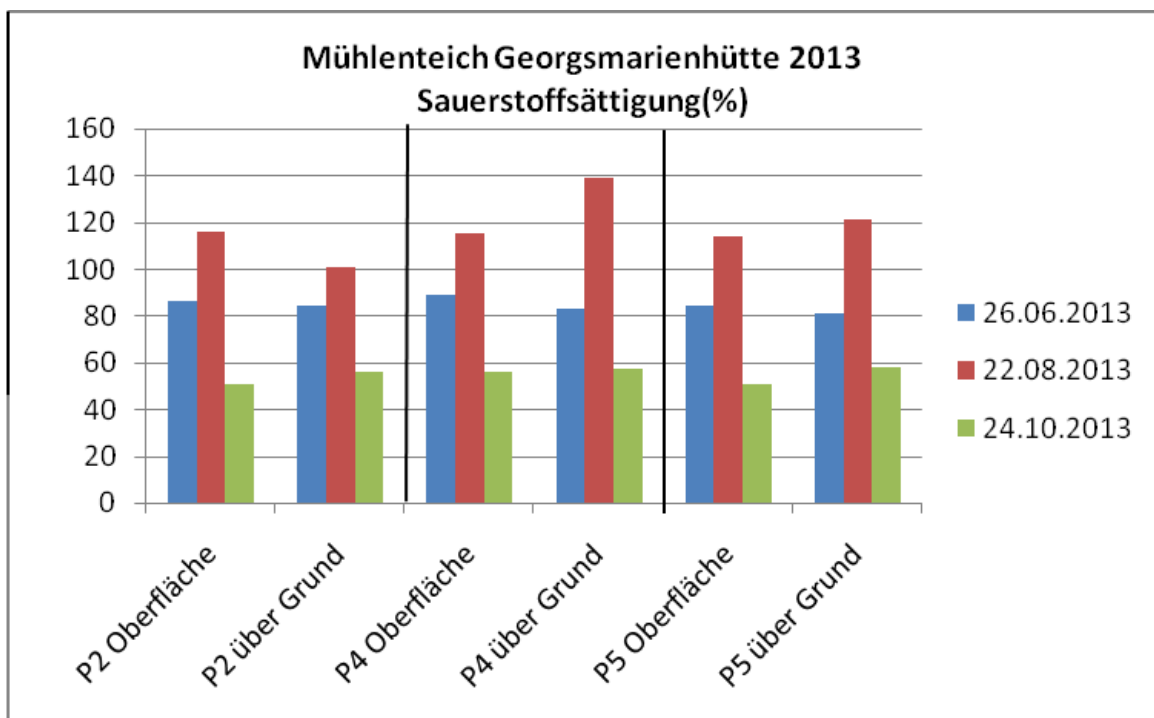


Abb.12: Sauerstoffsättigung an den Probestellen P2, P4 und P5 an der Wasseroberfläche und über Grund im Mühlenteich an drei Terminen Juni-Oktober 2013

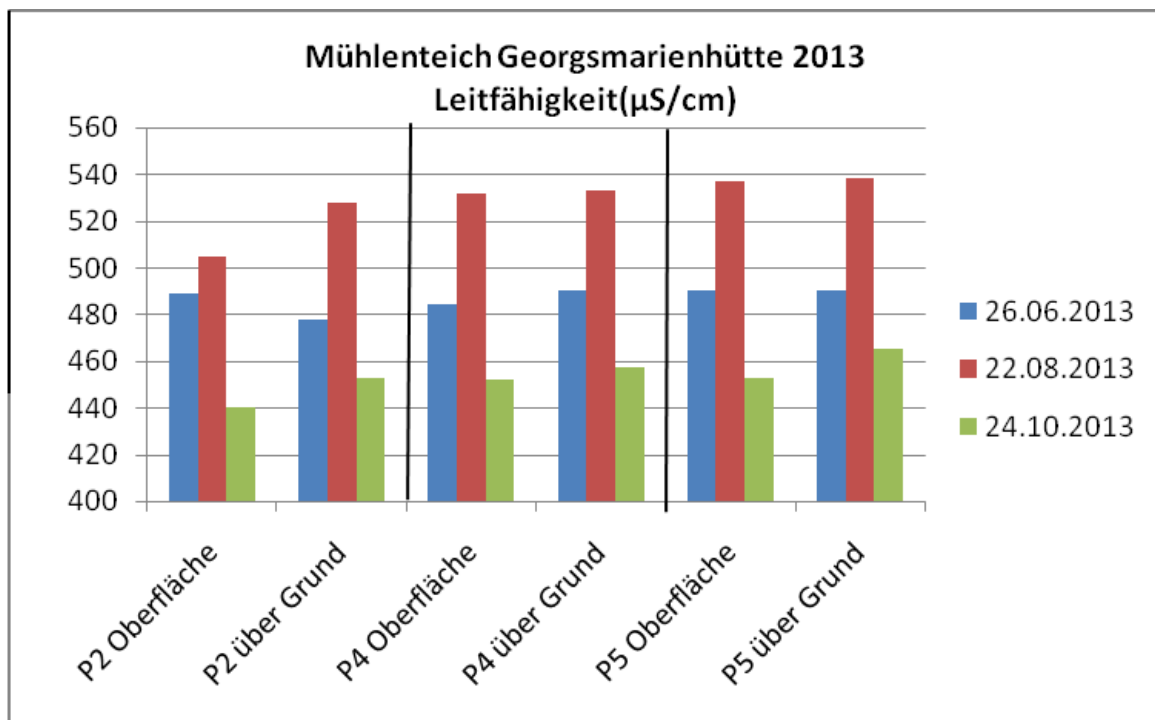


Abb.13: Leitfähigkeit an den Probestellen P2, P4 und P5 an der Wasseroberfläche und über Grund im Mühlenteich an drei Terminen Juni-Oktober 2013

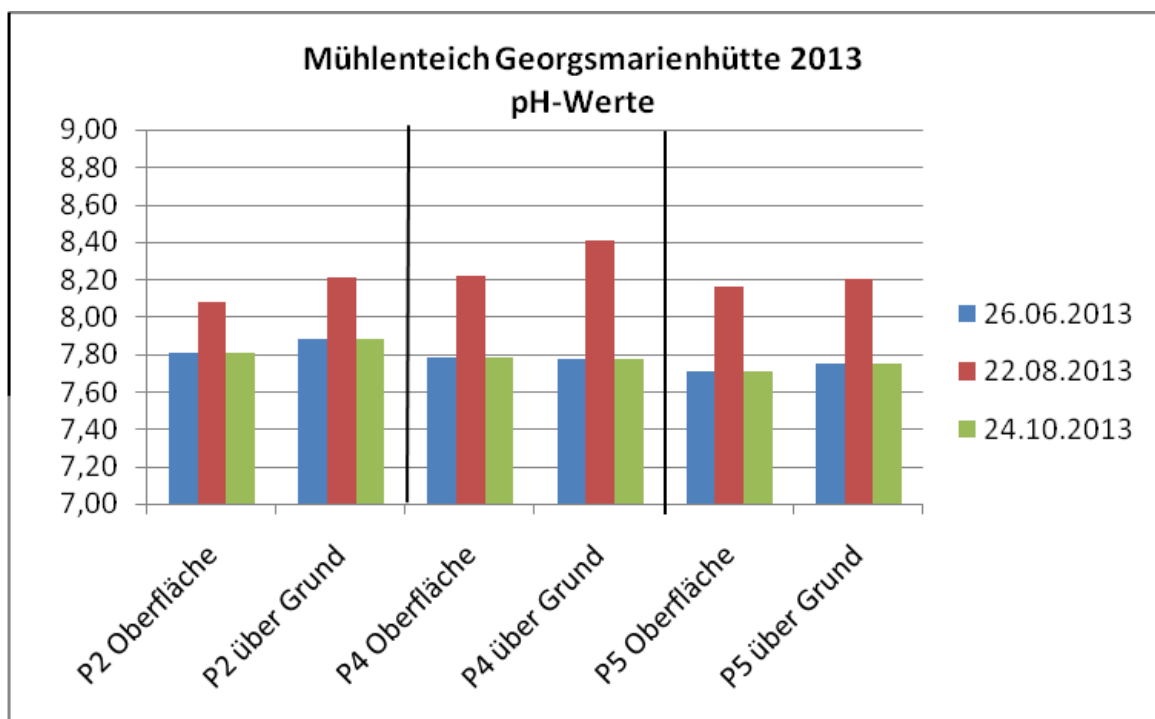


Abb.14: pH-Werte an den Probestellen P2, P4 und P5 an der Wasseroberfläche und über Grund im Mühlenteich an drei Terminen Juni-Oktober 2013

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 mit maximal 60cm 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

Keine der Stickstoffverbindungen Nitrat, Nitrit und Ammonium lag 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.

Tab.7: anorganische gelöste Stickstoff-verbindungen im Mühlenteich

Ammonium-N (mg/l)	26.06.2013	22.08.2013	24.10.2013
P2 Oberfläche	0,10	< 0,03	0,11
P2 über Grund	0,10	< 0,03	0,19
P4 Oberfläche	0,07	< 0,03	0,06
P4 über Grund	0,10	< 0,03	0,08
P5 Oberfläche	0,10	< 0,03	0,13
P5 über Grund	0,15	< 0,03	0,17
Nitrat-N (mg/l)			
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
Nitrit-N (mg/l)			
P2 Oberfläche	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P2 über Grund	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P4 Oberfläche	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P4 über Grund	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P5 Oberfläche	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P5 über Grund	< 0,005	< 0,005	< 0,005

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.

Die Gesamt-P-Konzentrationen im Mühlenteich lagen in einem Bereich, der für Stillgewässer ungewöhnlich hoch ist und als hypertroph eingestuft wird (0,158-0,398 mg/l).

Verständlich werden die Werte unter der Annahme, dass der Teich durch Hochwässer auch jetzt noch immer mit Wasser der nahegelegenen Fließgewässer Düte und Schlochterbach geflutet wird

Vergleichsweise liegt in NRW der Richtwert der Allgemeinen Güteanforderungen (AGA) für Fließgewässer für Gesamt-P bei 0,3 mg/l.

Tab.8: Gesamt-P-Gehalt im Mühlenteich

Gesamt-P (mg/l)	26.06.2013	22.08.2013	24.10.2013
P2 Oberfläche	0,257	0,297	0,158
P2 über Grund	0,311	0,265	0,161
P4 Oberfläche	0,262	0,196	0,197
P4 über Grund	0,270	0,376	0,206
P5 Oberfläche	0,251	0,398	0,304
P5 über Grund	0,238	0,334	0,240

Tab.9: ortho-Phosphat-P-Gehalt im Mühlenteich

	26.06.2013	22.08.2013	24.10.2013
P2 Oberfläche	0,078	0,142	0,124
P2 über Grund	0,094	0,138	0,138
P4 Oberfläche	0,097	0,159	0,116
P4 über Grund	0,096	0,214	0,152
P5 Oberfläche	0,096	0,206	0,114
P5 über Grund	0,097	0,178	0,154

Die Verteilung der Werte im See und zwischen Oberfläche und Grund war nicht gleichmäßig. In der Reihenfolge der Messtermine war eine Abnahme der organisch gebundenen P-Fraktion zu verzeichnen, im Trend lagen die Werte des gelösten P über Grund höher.

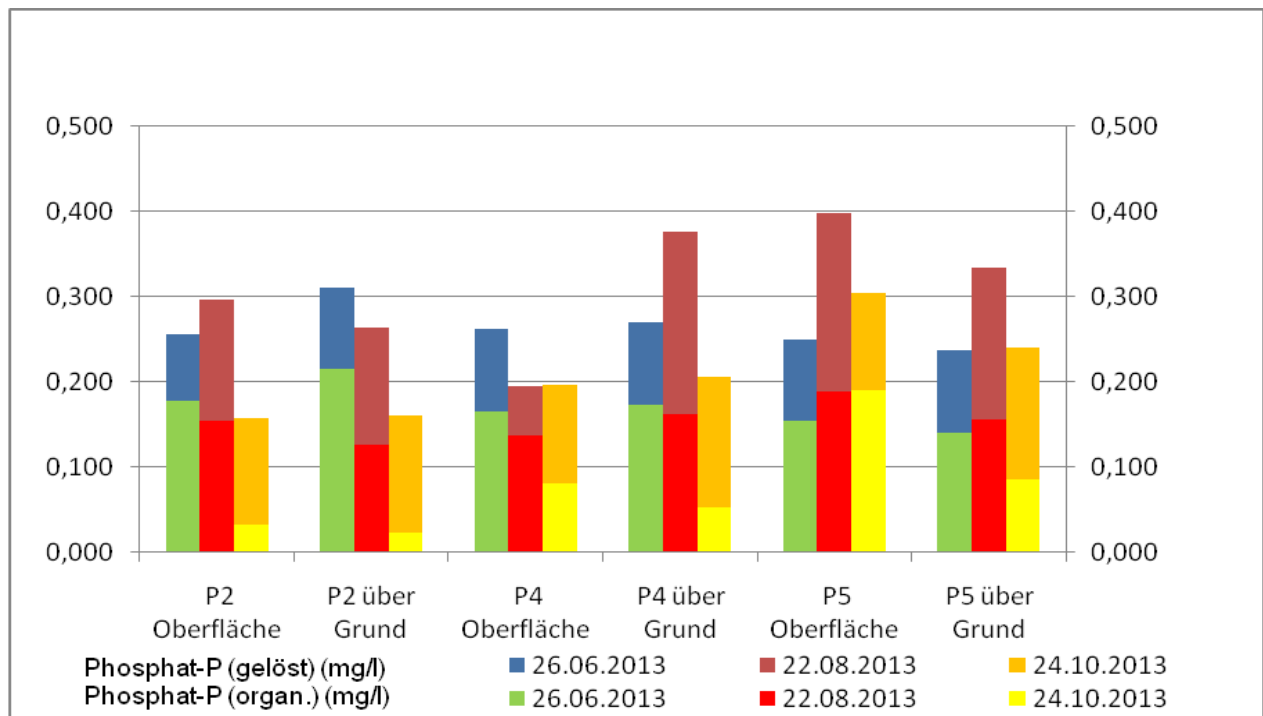


Abb.15: Gehalt an Gesamt-P, bestehend aus gelöstem ortho-Phosphat-P (mg/l) und organisch gebundenem P (mg/l) an den Probestellen P2, P4 und P5 an der Wasseroberfläche und über Grund im Mühlenteich an drei Terminen Juni-Oktober 2013

3.5 Sediment

Der Wassergehalt des Sediments an den 5 Probestellen P1 bis P5 ließ bei Werten zwischen 64 und 84% Frischgewicht keine klare Verteilung im See oder Unterschiede zwischen den Probenahmen erkennen. An den Probestellen P1, P2 und P5 war eine Zunahme des Wassergehalts erkennbar, P3 und P4 waren indifferent. An einigen weiteren Probestellen P6 bis P15 wurden zum dritten Termin am 24.10.13 auch niedrigere Werte gemessen (32-53 %).



Abb.16: Sedimentkern aus dem Mühlenteich

Der Glühverlust als Maß für die Belastung mit organischem Material im Sediment an den Probestellen P1-P5 stieg vom ersten Termin (15,9-22,6 %TW) deutlich um 70-90% auf 24,6-41,7 %TW. Zum dritten Termin fielen die Werte (11,8-21,2% TW) unter dem Level des ersten Termins.

Bei der Messung weiterer Sedimente an den Probestellen P6-P15 zum dritten Termin wurden einige deutlich niedrigere Werte (10,3-11,8%TW) und wesentlich höhere Werte (40,5-41,9 %TW) gemessen.

Einen gleichen Verlauf konnte man bei den Messwerten des P-Gehalt in den Sedimenten der Probestellen P1-P5 beobachten.

Von 244-431 mg/kg Tw stiegen die Werte zum zweiten Termin bis auf 366-897 mg/kg Tw an, um zum dritten Termin unter dem Level des ersten auf 218-298 mg/kg Tw abzufallen.

An den am dritten Termin zusätzlich gemessenen Sedimenten P6-P15 waren nur zwei Werte deutlich höher (464-755 mg/kg Tw), der Großteil war mit 38-185 mg/kg Tw teils deutlich niedriger.

Tab.10: Sedimentkennwerte; Wassergehalt (WG), Glühverlust (GV) und P-Gehalt; Beprobungstermine I=26.06.13, II=22.08.13; III=24.10.13

Sediment	Wasser-gehalt (% Frisch-gew.)	Glüh-verlust (% Tr.-Masse)	Gesamt-P (mg/kg Tw)
I-1	62,8	15,9	244
I-2	70,7	20,6	318
I-3	75,1	22,6	336
I-4	74,2	20,8	431
I-5	73,1	18,9	404
II-1	71,4	40,5	623
II-2	84,1	41,7	366
II-3	57,4	31,3	844
II-4	77,5	24,6	732
II-5	80,4	27,3	897
III-1	73,6	21,1	241
III-2	87,4	17,7	298
III-3	78,8	17,4	218
III-4	68,5	20,8	238
III-5	84,2	11,8	277
III-6	40,7	29,4	81
III-7	63,7	16,7	38
III-8	69,7	20,0	91
III-9	65,7	21,6	109
III-10	77,7	31,0	464
III-11	53,1	41,9	124
III-12	61,7	40,5	157
III-13	61,8	21,4	169
III-14	32,6	30,2	755
III-15	75,7	10,3	185

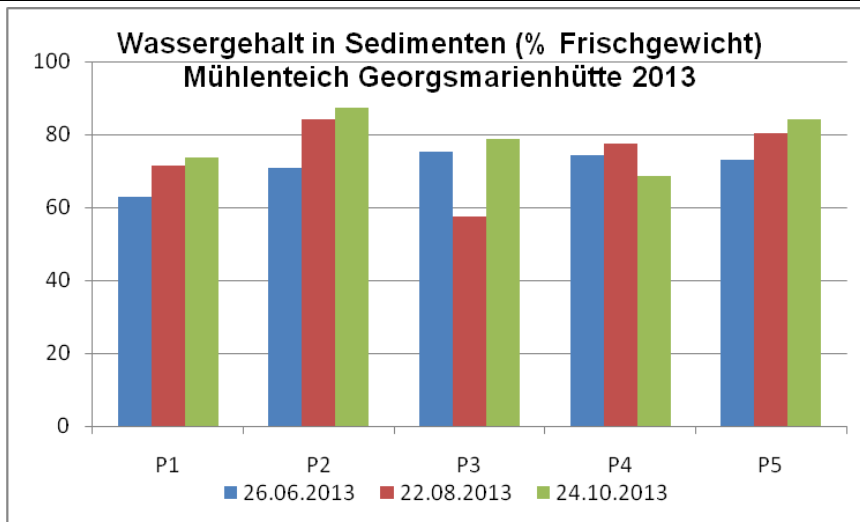


Abb.17: Wassergehalt (%Fw) in Sedimenten des Mühlenteichs an den Probestellen P1-P5 an drei Messterminen 2013; Mittelzugabe zwischen dem ersten und zweiten Termin

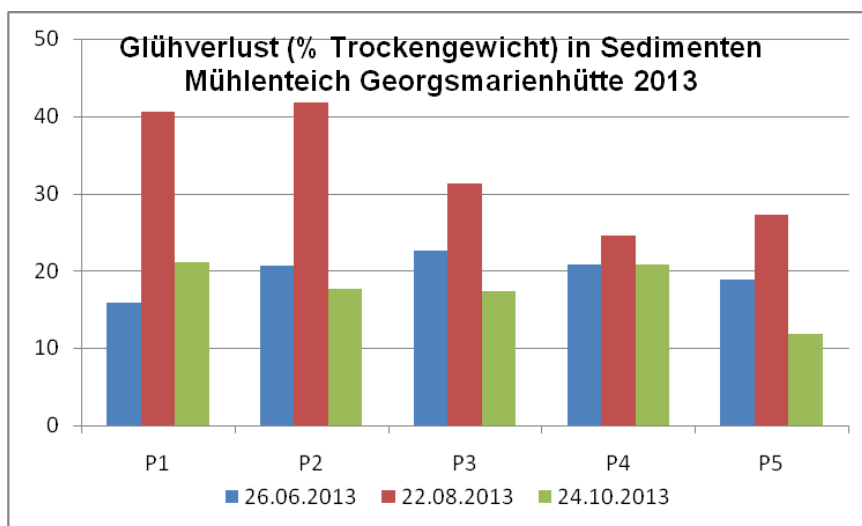


Abb.18: Glühverlust (%Tw) in Sedimenten des Mühlenteichs an den Probestellen P1-P5 an drei Messterminen 2013; Mittelzugabe zwischen dem ersten und zweiten Termin

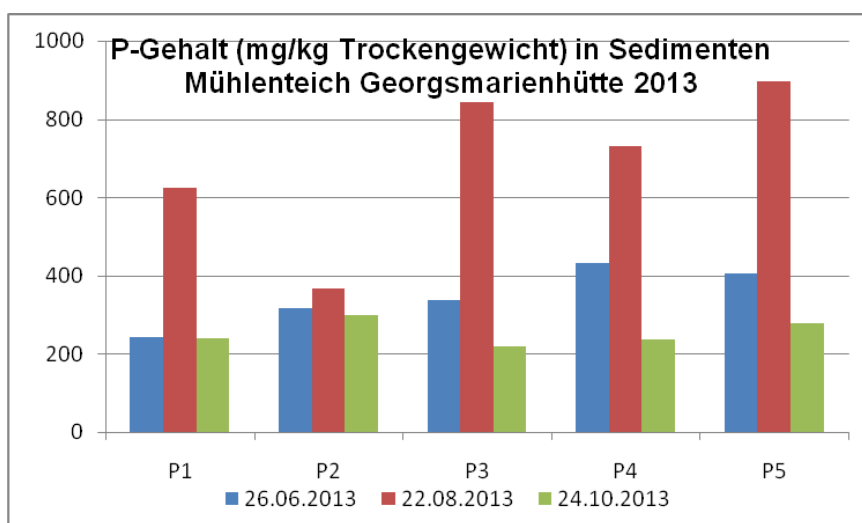


Abb.19: P-Gehalt (mg/kg Tw) in Sedimenten des Mühlenteichs an den Probestellen P1-P5 an drei Messterminen 2013; Mittelzugabe zwischen dem ersten und zweiten Termin

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 „Blualgen“ (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 Blualgen 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.

An den ersten beiden Terminen wurde das Plankton des Mühlenteiches von Zooplanktern aus der Gruppe der Rotatorier dominiert.

Zum dritten Termin war eine deutliche Dominanz von Blualgen vorhanden, die untergeordnet aber auch zu den beiden ersten Terminen vertreten waren. Daneben waren auch weitere Phytoplankter aus den Gruppen der Kieselalgen und Grünalgen zum dritten Termin häufiger vertreten, die typischerweise in eutrophen Kleingewässern auftreten.

Ein erkennbares Verteilungsmuster zwischen den Probestellen P2, P4 und P5 gab es nicht.

Tab.11: Zooplankton in Häufigkeitsklassen x=Einzelfunde bis xxxx=Massenentwicklung

Zooplankton	P2	P4	P5	P2	P4	P5	P2	P4	P5
Copepoda									
Nauplier-Larven	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cladocera:									
Bosmina longirostris				x	x	x	x	x	x
Rotatoria:									
Keratella cf. cochlearis	xxxx	xxxx	xxxx	xx	xxx	xx	x	x	x
Polyarthra spec.	x	xx	x	x	x	x	xx	xx	x
Brachionus spec.	xxxx	xxxx	xxx	x	xx	x			
Synchaeta spec.	x	x	x	x	x	x			
Notholca spec.	x	x	x	x	x	x			
Trichocera spec.	x	x	x	x		x			
Lecane spec.	x								
Asplanchna spec.							x	x	x

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

	26.06.2013	26.06.2013	26.06.2013	22.08.2013	22.08.2013	22.08.2013	24.10.2013	24.10.2013	24.10.2013
Phytoplankton	P2	P4	P5	P2	P4	P5	P2	P4	P5
Cyanophyceae									
Anabaena spec.	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Oscillatoria spec.	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xxx	xxx	xxx
Aphanotece spec.	x	x	x	xx	xx	xx	xxx	xxxx	xxx
Bacillariophyceae									
Pennales									
Navicula spec. (L > 15 µm)	x	x	x	x	x	x	xx	xx	x
Navicula spec. (L < 15 µm)	x	x	x	xx	xx	xx	xx	xx	xx
Fragilaria spec.	x	x	x	x	x	x	xx	xx	xx
Nitzschia spec.	x	x	x	x	x	xx	xx	x	xx
Surirella spec.					x	x	x	x	x
Cymbella spec.	x		x	x			x	x	x
Cymatopleura spec.			x				x	x	x
Centrales									
Cyclotella spec.	xx	xx	xx	xx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx
Chrysophyceae									
Dinobryon spec.	x	x	x	xx	x	x	xx	xx	x
Chlorophyceae									
Dinobryon spec.	x	x	x	xx	x	x	xx	xx	x
Pediastrum div. spec.	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Scenedesmus spec.	x	x	x	x	x	x	x	xx	xx
Dinophyceae									
Ceratium hirundinella	x	x	x	x	x	x	x	xx	xx
Peridinium cinctum					x	x	xxx	xxx	xxxx
Euglenophyceae									
Euglena spec.							x	x	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.



**Abb.20: *Nuphar lutea*
(Gelbe Teichrose)**

Nuphar lutea bildet neben Unterwasserblättern großflächige Schwimmblätter aus. Die Vermehrung kann auch ohne Blütenstände vegetativ durch Rhizome erfolgen. Die Art wird auch in Gartenteichen kultiviert und besiedelt öfter auch nährstoffreiche kleinere Seen.



**Abb.21: *Potamogeton crispus*
(Krauses Laichkraut)**

Potamogeton crispus ist eine weit verbreitete Unterwasserpflanze, die auch in stärker belasteten, hypertrophen Stillgewässern und langsam fließenden Fließgewässern vorkommt.

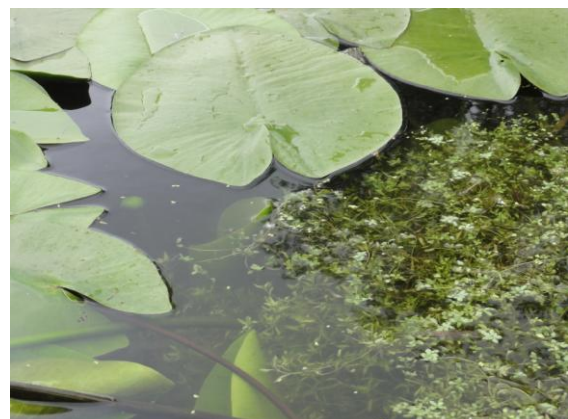


**Abb.22: *Myriophyllum spicatum*
(ährriges Tausendblatt)**

Myriophyllum spicatum wächst mit ihren rötlichen Sprossen im Juni bis August bis zur Wasseroberfläche und bildet dort über dem Wasserspiegel ährige Blütenstände. Sie ist in Deutschland im Flachland weit verbreitet und auch gegen mäßige Verschmutzung resistent.



**Abb.23: *Potamogeton pectinatus*
(Kamm-Laichkraut)**



**Abb.24: *Callitriche*-Art
(Wasserstern) neben Teichrosen**

Mit *Potamogeton pectinatus*, *Elodea nutallii*, *Zannichellia* (Teichfaden) und einer *Callitriche*-Art (Wasserstern) kamen vier weitere submerse Makrophytenarten vor, die auch stärker eutrophierte Teiche besiedeln können.

Die im See gefundenen dominanten Unterwasserpflanzen wurden auch auf ihren Gesamt-P-Gehalt zu den drei Terminen untersucht. Hierbei waren größere Unterschiede zwischen den Arten festzustellen.

Die großflächig an der Oberfläche sichtbare Gelbe Teichrose wies mit 870-760 mg/kg Tw Phosphor die geringsten Werte auf.

Etwas höher lagen die P-Gehalte in den kleineren Beständen von Wasserpest, Teichfaden und Wasserstern (1810-2820 mg/kg Tw Phosphor).

Deutlich höher waren die Gehalte des teilweise ebenfalls flächendeckend vorkommenden, aber nur submersen krausen Laichkrauts und des eher stellenweise Bestände bildenden Kamm-Laichkrauts mit 3580-4510 mg/kg Tw Phosphor.

Die höchsten Werte wurde in dem nur sporadisch vorkommenden Tausendblatt gemessen (7940-8450 mg/kg Tw Phosphor).

Bei einer Einteilung des Mühlenteichs in 5 Bereiche war die Dominanz der Makrophyten nicht einheitlich.

Bereich 1 = Süd

Bereich 2 = Ost

Bereich 3 = Mitte

Bereich 4 = Nord

Bereich 5 = West

Tab.13: Besiedlung mit submersen Makrophyten im Mühlenteich in 5 Bereichen

Deckungsgrad (%)	1	2	3	4	5
Nuphar lutea	40	5	20	60	35
Potamogeton crispus	10	40	5	10	50
Potamogeton pectinatus	25	30	25	15	10
Elodea nutallii	10	10	20	5	1
Zannichellia spec.	5	5	5	5	2
Callitriche spec.	10	10	15	5	2
Myriophyllum spec.			10		



Abb.25: Verteilung der Dominanz submerser Makrophyten in 5 Bereichen des Mühlenteichs

3.8 Trophiestatus

Wie in Tab.14 und Tab.15 ersichtlich, liegt der See eher schon im hypertrophen Bereich.

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

Allerdings ist der Status als Stillgewässer durch die Genese und den kleinen, verlandenden Wasserkörper zweifelhaft.

3.9 Bewertung der Wirkung des eingebrachten Mittels

Für die Wirkung des Mittels auf die Limnologie des Teichs werden von der Vertriebsfirma verschiedene Effekte angegeben.

1. Eine deutliche Erhöhung der Sauerstoffsättigung im Wasserkörper vom ersten Termin vor der Einbringung konnte zu den beiden Folgeterminen nicht festgestellt werden. Möglich wäre aber eine Kompensation von Zehrungseffekten, die in diesem Zeitraum den Sauerstoff ohne Mittelzugabe stark verringert hätten.
2. Eine Reduzierung des Gehalts an gelöstem P im Freiwasser fand nicht statt.
3. In der Sedimentbehandlung waren verschiedene Effekte in Proben aus dem oberflächennahen Sediment messbar: Sowohl der Gehalt an „pflanzenverfügbarem“ P als auch der Glühverlust nahmen zum zweiten Termin stark zu und fielen zum dritten Termin deutlich unter die Werte vor der Mittelzugabe ab.
4. Eine deutliche Verringerung der Schlammdicke war zum dritten Termin zu verzeichnen, nachdem zum zweiten Termin keine gravierenden Änderungen stattgefunden hatten.

4 Zusammenfassung

In dem Mühlenteich war über längere Zeit ein Fließgewässeranstau vorhanden. Nach Abtrennen des Zuflusses entwickelt sich der Teich als Stillgewässer, das durch die hohe Schlammfracht keine Anbindung zum Grundwasser hat und daher nur noch durch Niederschläge gespeist wird, soweit keine oberflächlichen Abflüsse (z.B. durch Hochwässer, siehe 2010) zutreten.

Hierdurch können in Niederschlagsarmen Jahren oder extremen Winter Probleme für die Biozönose durch das geringe Wasservolumen und die geringe Wassertiefe auftreten.

Als Stillgewässer hat der Teich einen hypertrophen Status; neben weiteren Einträgen durch Niederschläge können Nährstoffe in der Sediment-Kontaktzone auch aus dem Schlamm mobilisiert werden. Weiterhin ist mit Einträgen durch Hochwässer zu rechnen.

Obwohl durchaus eine erhebliche Biomassebildung durch Planktonorganismen mit zeitweise

höheren Blaualgenvorkommen stattfindet, wird ein größerer Anteil der Nährstoffe in den höheren (Unter-) Wasserpflanzen gebunden.

Jungfische, Amphibien und Libellen sind neben der intakten Unterwasserflora weitere Indizien für ein trotz anthropogener Genese von einer vielfältigen Biozönose besiedeltem Biotop.

Das in dem Projekt zur Sanierung des Teiches eingesetzte Mittel hat messbar zur Reduzierung der Schlammdicke und einer mäßigen Verringerung des verfügbaren Nährstoffpools und organischem Material im Sediment geführt.

Ein Effekt auf die Freiwasserlimnologie war in der Untersuchung nicht feststellbar.

5 Empfehlungen

Für eine weitere Sanierung wird ein Ausbaggern des Teiches eher nicht empfohlen. Die bestehende Biozönose würde mit dem Sediment entfernt werden, eine selbständige Rückkehr zum jetzigen Zustand wäre nicht garantiert. In diesem Fall müsste auch sichergestellt werden, dass durch eine erneute Grundwasseranbindung geringere Nährstofffrachten in den Teich gelangen. Die Nährstoffzufuhr über Niederschläge bliebe bestehen und reicht für eine weitere Eutrophierung eines derartigen kleinen Flachteichs aus.

Unter Umständen stellt sich bei einer Neubesiedlung schnell ein Algen-dominiertes Kleingewässer ein, mit der bekannten Problematik von Blaualgentoxinen bei „Algenblüten“.

Ohne weitere Maßnahmen ist der Teich ein Verlandungsgewässer.

Soll ein Teichstatus erhalten werden, sind die eingeleiteten Maßnahmen zur Schlammreduzierung bisher sinnvoll gewesen und haben keine negativen Effekte verursacht. Mit einer Fortführung könnten Schlamm- dicke und der verfügbare Nährstoffpool im Sediment weiter reduziert werden.

Der Teichstatus sollte in Anbetracht der möglichen Anbindung an Düte und Schlochterbach bei Hochwasser betrachtet werden.

6 Trophietabellen

**Tab.14: Abschätzung des Trophiegrades nach den im OECD-Programm untersuchten Gewässern; nach Vollenweider (1979); m = Mittelwert, SD = Standardabweichung;
im Vergleich hierzu: rechte Spalte Mühlenteich 2013 (n.g. = nicht gemessen)(ü.G. = über Grund)**

Parameter		oligotroph	mesotroph	eutroph	hypertroph	Mühlenteich
Gesamt - P	m	8,0	26,7	84,4		262
(Jahresmittel)	m ± SD	4,85 - 13,3	14,5 - 49	38 - 189		195-329
(µg/l)	Extrema	3,0 bis 17,7	10,9 bis 95,6	16,2 bis 386	750 bis 1200	158-398
	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		44
(Jahresmittel, Mittel in	m ± SD	0,8 - 3,4	3,0 - 7,4	6,7 - 31		34-54
der trophogenen Zone)	Extrema	0,3 bis 4,5	3,0 bis 11	2,7 bis 78	100 bis 150	32-61
(µg/l)	n	22	16	70	2	9
Chlorophyll a	m	4,2	16,1	42,6		61
Maximum, Mittel in	m ± SD	2,6 - 7,6	8,9 - 29	16,9 - 107		
der trophogenen Zone)	Extrema	1,3 bis 10,6	4,9 bis 49,5	9,5 bis 275		
(µg/l)	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.0,5m)
	n	13	20	70	2	

Tab.15: Kennzeichen verschiedener Trophiegrade (nach DVWK 1988); im Vergleich unten: Mühlenteich 2013

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 Massenwuchses von Algen, Entwicklung von Faulschlamm und H ₂ S, Sichttiefe < 1 m	> 160	> 25	0 (bereits im Frühsommer)
Mühlenteich	Polymiktischer Flachsee, makrophytenbewachsen	158-398	44	Wegen extrem geringer Tiefe nicht relevant. Nicht unter 50%