

EM Teichrestaurierung

**Abschlussbericht zum Forschungsprojekt
in Münster 2005/2006**

www.emte.de

Träger:

Stadt Münster
Amt für Grünflächen und Umweltschutz
Albersloher Weg 33
48127 Münster

Ansprechpartner:
Herr Uwe Nehls
Telefon: 0251 492-6794
Telefax: 0251 492-7720
E-Mail: NehlsU@stadt-muenster.de

Beteiligte Unternehmen:

MikroVeda Handelsgesellschaft mbH
Gut Neuenhof
Im Kuckucksfeld 1
47623 Kevelaer-Twisteden
Telefon: 02801 – 3488 (Änderung ab Mitte 2007)
Telefax: 02801 – 71703 (Änderung ab Mitte 2007)
E-Mail: info@mikroveda.de
Internet: www.mikroveda.de

EM-World Germany GmbH
Gut Neuenhof
Im Kuckucksfeld 1
47623 Kevelaer-Twisteden
Telefon: 02801 – 3488 (Änderung ab Mitte 2007)
Telefax: 02801 – 71703 (Änderung ab Mitte 2007)
E-Mail: office@em-world.de
Internet: www.em-world.eu

emgeo - Geowissenschaftliches Büro für Gewässerpflege und Umweltschutz

Dipl.-Geogr. Jochen Dinstuhl
Max-Eyth-Str. 59a
46149 Oberhausen
Telefon: 0208 5821334
Telefax: 0208 5821335
E-Mail: j.dinstuhl@emgeo.de
Internet: www.emgeo.de

Inhalt

1. Einleitung	S. 4
2. Ausgangssituation	S. 5
2.1 Gewässernummer 256 (T0)	S. 6
2.2 Gewässernummer 256 (T1)	S. 7
3. Projektverlauf	S. 8
3.1 Projektjahr 2005	S. 8
3.1.1 Materialeinsatz	S. 8
3.1.2 Messreihen	S. 8
3.2 Projektjahr 2006	S. 9
3.2.1 Materialeinsatz	S. 9
3.2.2 Messreihen	S. 9
4. Ergebnisse und Auswertung	S.10
4.1 Zusammenfassung 2005	S.10
4.2 Optische Faktoren	S.11
4.2.1 Sichttiefe	S.11
4.2.2 Trübung und Färbung	S.12
4.3 Phosphor	S.13
4.3.1 Phosphorquelle	S.13
4.3.2 Phosphorkonzentrationen	S.14
4.4 Ammonium	S.18
5. Zusammenfassung	S.19
Anhang	
- Messreihen	
- Literaturverzeichnis	
- Abbildungsverzeichnis	
- Tabellenverzeichnis	

1. Einleitung

Seit Einführung der EM-Technologie häufen sich die Erfahrungsberichte über positive Auswirkungen bei der Behandlung von Gewässern mit Effektiven Mikroorganismen (EM). Verschiedenen Presseberichten zufolge können Effektive Mikroorganismen gezielt zur Gewässerrestaurierung eingesetzt werden und einige Naturfreibäder arbeiten bereits erfolgreich mit der EM-Technologie.

Bei der Behandlung von Gewässern mit EM werden im Allgemeinen folgende Auswirkungen beschrieben:

- Beschleunigter Abbau organischer Substanzen
- Verbessertes Wachstum von Wasserpflanzen
- Verminderung von Wasserblüten und Erhöhung der Sichttiefe

Erklärungsansätze für die Regulierung von Schwebelagen beim Einsatz Effektiver Mikroorganismen in Schwimmteichen liefert K. Teubner. Mögliche Auswirkungen des EM-Einsatzes in Gewässern sind demnach¹:

- Die Reduzierung der Phosphatrücklösung und Schwefelwasserstoffbildung durch Verminderung von Fäulnisprozessen im Sediment.
- Die Verkürzung der turnover-Zeiten sowie die Mobilisierung der Stoff-Flüsse.
- Die nachhaltige Nährstoffregulierung durch Nährstoffbindung in Kieselalgen, fädigen Grünalgen und Wasserpflanzen.

Um die Wirksamkeit des EM-Einsatzes in Kleingewässern zu untersuchen, wurden in den Jahren 2005/2006 zwei morphologisch ähnliche Teichanlagen der Stadt Münster einer EM-Behandlung unterzogen. Dieser Bericht stellt die Ergebnisse der Forschungsarbeiten der Jahre 2005 und 2006 dar.

¹ Vgl. Teubner

2. Ausgangssituation

Die untersuchten Teiche sind Relikte der mittelalterlichen Verteidigungsanlagen der Stadt Münster und stehen unter Denkmalschutz. Die Uferbereiche aller Teiche sind durch Mauerwerk befestigt und zeugen von dem anthropogenen Ursprung der Teiche. Als künstliche Gewässer müssen sie als naturfremd klassifiziert werden. Die Teiche besitzen inhomoge Teichsolen. Ihre Tiefen reichen von 55 cm an der niedrigsten bis 265 cm an der tiefsten gemessenen Stelle unter dem Wasserspiegel. Innerhalb dieser Tiefen hat sich über die Jahre eine Sedimentschicht von 15–150 cm Mächtigkeit gebildet, was auf einen starken allochthonen Materialeintrag zurückzuführen ist. Beide Teiche liegen morphologisch in einer Mulde, wobei die jeweiligen Böschungswinkel zwischen 5° und 30° variieren. Einige Uferbereiche sind mit Pestwurzbeständen bewachsen, in denen in der vegetationsfreien Zeit der Boden offen ansteht. Dies führt dazu, dass bei Starkregenereignissen, durch die teilweise sehr steilen Böschungen, mit allochthonem Eintrag von Bodenmaterial, Falllaub und anderen Pflanzenresten zu rechnen ist. Die Teiche sind von Laubbäumen umringt, wodurch eine große Menge an organischem Material in Form von Falllaub und Totholz zugeführt wird. Die Teiche liegen in einer Entfernung von ca. 50 m zueinander.

2.1 Gewässernummer 256 (T0)

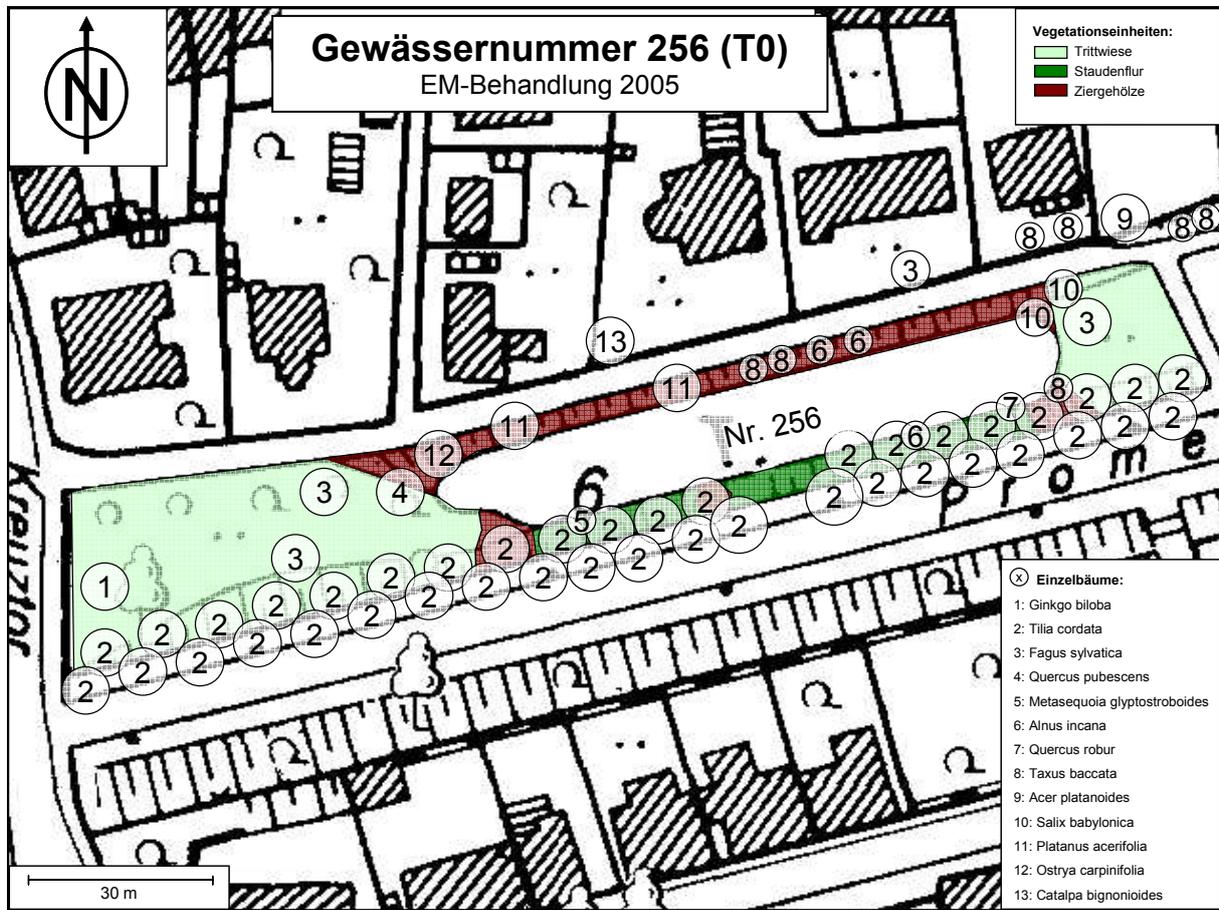


Abb. 1: Vegetation an T0

Kartengrundlage: gisnet Münster 1:2500

Eigenschaften:

- Oberfläche: 1862,38 m²
- Umfang: 233,64 m
- Abstand Sole – Wasseroberfläche: Min: 55 cm, Max: 265 cm
- Schlammmächtigkeit: Min: 15 cm, Max: 150 cm
- Fischbestand: Zierfische
- Besonderheiten: Wasserfall am Westufer, Überlauf zu T1 am Ostufer
- Gewässerchemie: Datenblätter im Anhang

2.2 Gewässernummer 257 (T1)

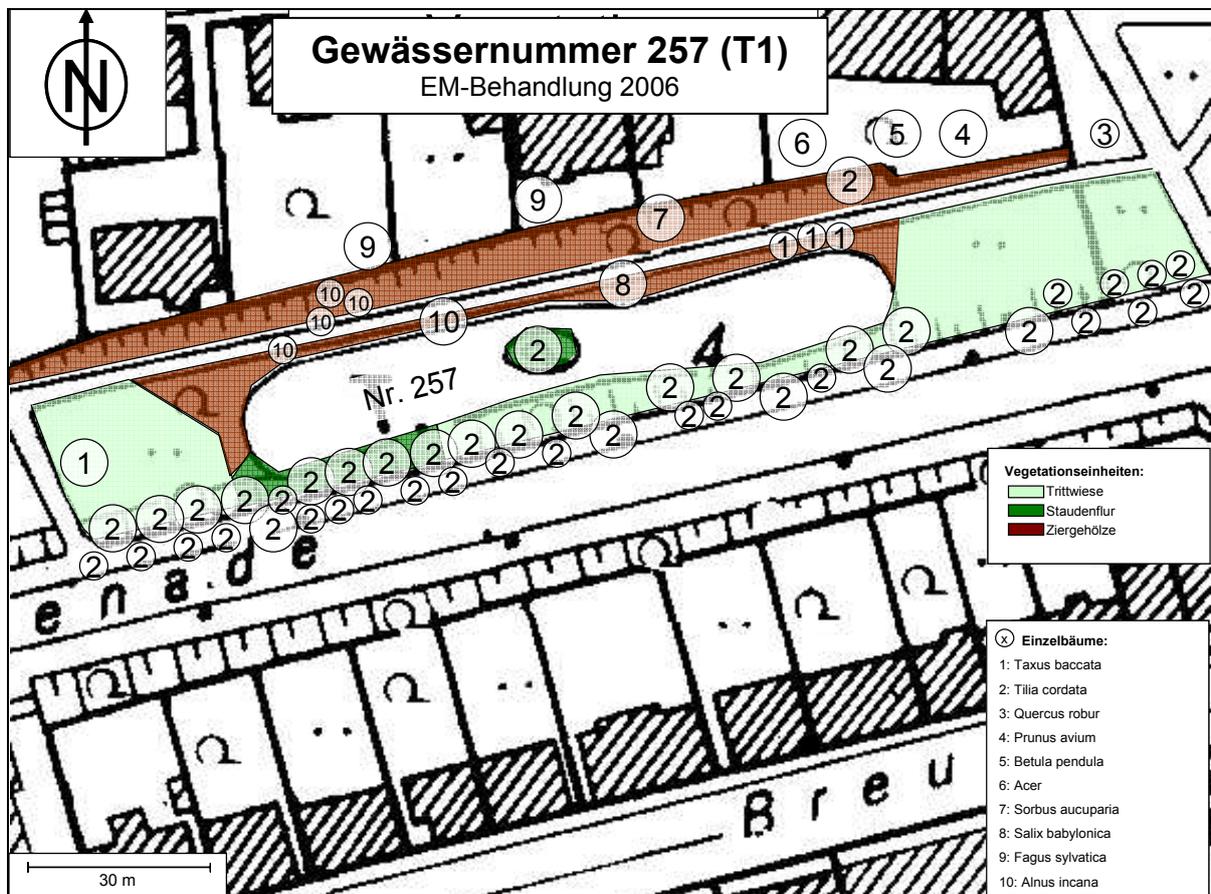


Abb. 2: Vegetation an T1

Kartengrundlage: gisnet Münster 1:2500

Eigenschaften:

- Oberfläche: 1727,44 m²
- Umfang: 220,51 m
- Abstand Sole – Wasseroberfläche: Min: 65 cm, Max: 250 cm
- Schlammmächtigkeit: Min: 30 cm, Max: 155 cm
- Fischbestand: Zierfische
- Besonderheiten: Insel in der Mitte des Teiches, Sitzsteg an der Ostseite des Nordufers, 3 Wasserzuläufe an der Westseite (Überlaufrohr von T0, Regenwasserzulauf Norden, Regenwasserzulauf Süden)
- Gewässerchemie: Datenblätter im Anhang

3. Projektverlauf

Die Forschungsarbeiten an den Teichen wurden als Referenzstudie ausgelegt. Zu diesem Zweck wurde 2005 zunächst T0 mit Effektiven Mikroorganismen behandelt. Das unbehandelte Gewässer T1 diente in diesem Jahr als Referenzobjekt zur Gegenüberstellung der Untersuchungsergebnisse. Im Folgejahr 2006 erfolgte dann eine Behandlung des Gewässers T1 mit Mikroorganismen. Durch die zeitliche und räumliche Differenzierung können verschiedene Auswirkungen der Behandlung von Gewässern mit Effektiven Mikroorganismen dargestellt und qualifiziert werden.

3.1 Projektjahr 2005

3.1.1 Materialeinsatz

Der Materialeinsatz beziffert sich auf 1950 l EMa (aktiviertes EM-Farming), 300 l EMfarming und 600 kg getränkte Zeolithgesteine. Die Menge an den jeweiligen Ausbringungstagen ist im Folgenden chronologisch aufgelistet:

- 01.04.05: 250 l EMa
- 18.04.05: 250 l EMa
- 11.05.05: 1000 l EMa
- 01.07.05: 250 l EMa, 200 kg getränkte Zeolithgesteine
- 28.07.05: 200 l EMa, 300 l EM-Farming, 400 kg getränkte Zeolithgesteine

3.1.2 Messreihen

Die Untersuchungen wurden im physisch-geographischen Labor der Ruhr-Universität Bochum durchgeführt.

Verwendete Messgeräte:

- Atomabsorptionsspektrometer (ICP-OES) der Firma „Spectro Ciros^{CCD}“
- Ionenchromatograph der Firma „Dionex“
- UV/VIS Spektrometer Lambda2 der Firma „Perking-Elmer GmbH“
- Dimatoc 2000 der Firma „Dimatec Analystechnik GmbH“
- Sauerstoffmessgerät HQ10 der Firma „Hach Lange GmbH“
- Inolab ph 730 der Firma „WTW“
- Inolab cond 730 der Firma „WTW“
- Secchischeibe

3.2 Projektjahr 2006

3.2.1 Materialeinsatz

Es wurden insgesamt 1400 l mit Zeolithmehl versetztes EMa (aktiviertes EM-Farming) ausgebracht:

12.04.2006: 200 l EMa

12.05.2006: 200 l EMa

15.06.2006: 200 l EMa

13.07.2006: 200 l EMa

11.08.2006: 200 l EMa

06.09.2006: 200 l EMa

17.10.2006: 200 l EMa

3.2.2 Messreihen

Die Untersuchungen wurden von dem geowissenschaftlichen Büro **emgeo** durchgeführt.

Verwendete Messgeräte:

- Photometer „Photoflex Turb“, WTW
- Sauerstoffmessgerät HQ10 der Firma „Hach Lange GmbH“
- Leitwertmessgerät
- Secchischeibe

4. Ergebnisse und Auswertung

Aus Gründen der Überschaubarkeit werden im folgenden Kapitel nur die Parameter dargestellt, von denen im Rahmen der Untersuchungen Aussagen über die Wirksamkeit des EM-Einsatzes abzuleiten sind. Die vollständige Charakterisierung der Gewässer ist der Diplomarbeit „Restaurierung von Kleingewässern im urbanen Raum – Referenzstudie zu einer Teichrestaurierung mit Mikroorganismen“ zu entnehmen. Der Anhang enthält eine Übersicht über alle erhobenen Parameter.

4.1 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse aus dem Jahr 2005

Die Gewässer T0 und T1 werden insbesondere aufgrund der enorm hohen Orthophosphatkonzentrationen als eutroph bzw. hypertroph eingestuft.

In beiden Gewässern findet eine signifikante Phosphorrückführung aus dem Sediment statt. Bei der Phosphorrückführung lassen sich deutliche Unterschiede zwischen dem behandelten Gewässer T0 und dem unbehandelten Gewässer T1 feststellen (vgl. 4.3.2).

Die Primärproduktion ist in beiden Gewässern durch die Stickstoffverfügbarkeit limitiert, wobei T0 gegenüber T1 eine geringere Stickstoffverfügbarkeit aufweist.

Der behandelte Teich T0 wies im Jahr 2005 keine Algenblüte auf. Die Sichttiefe war gegenüber T1 während der gesamten Vegetationsperiode deutlich erhöht (>70 cm). In T1 war die Sichttiefe aufgrund einer Algenblüte in den Sommermonaten auf 25 cm reduziert.

Beide Gewässer wiesen am Ende der Vegetationszeit eine starke Sauerstoffzehrung auf.

4.2 Optische Parameter

Mit den optischen Parametern Sichttiefe, Trübung und Färbung lässt sich insbesondere das Auftreten von Wasserblüten gut dokumentieren. Aufgrund verschiedener Laborbedingungen erfolgte die Bestimmung von Färbung und Trübung nur im Untersuchungsjahr 2006.

4.2.1 Sichttiefe

Sichttiefe [cm] 2005																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
T ₀	>90	>90	>100	>90	>100	>100	>90	>90	>80	>80	>90	>90	>90	>80	>90	>90	>80	>80	70
T ₀	>90	>90	>100	>80	>90	>100	>80	>70	>70	>70	>70	>70	60	50	>75	>70	>70	n.m.	50
T ₁	>90	>90	>90	>100	>80	70	>100	50	60	50	35	35	35	40	40	45	60	60	50
T ₁	>100	>100	>90	>90	70	70	70	>90	80	40	35	35	25	40	40	35	60	40	30

Tab. 1: Sichttiefe 2005

Sichttiefe [cm] 2006															
	12.04	26.04	12.05	26.05	09.06	21.06	13.07	11.08	06.09	20.09	17.10	31.10	29.11	20.12	03.01
T ₀	>80	>90	>80	>80	>80	>90	>70	>80	>80	>70	>60	<60	50	>70	>70
T ₀	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>50	>60	>60	>50	>40	n.m.	>40	>60	>50
T ₁	>90	>70	>60	>70	>60	40	30	40	>60	>50	>50	>40	>50	>60	>70
T ₁	>80	>80	>70	>90	>70	40	30	50	50	40	>70	>50	60	>60	>70

Tab. 2: Sichttiefe 2006

Die Sichttiefenmessungen mittels Secchiescheibe weisen in beiden Untersuchungsjahren deutliche Unterschiede zwischen den Teichen T₀ und T₁ auf. Während in dem Teich T₀ in beiden Untersuchungsjahren eine Sichttiefe bis auf den Grund dokumentiert ist (>xx cm), wird die Sichttiefe in T₁ sowohl 2005 als auch 2006 durch eine auftretende Wasserblüte stark begrenzt. Eine signifikante Differenz bei der Sichttiefenmessung zwischen den Jahren 2005 und 2006 ist für keines der Gewässer festzustellen. Eine direkte Auswirkung des EM-Einsatzes auf die Wasserblüte kann somit nicht festgestellt werden.

4.2.2 Trübung und Färbung

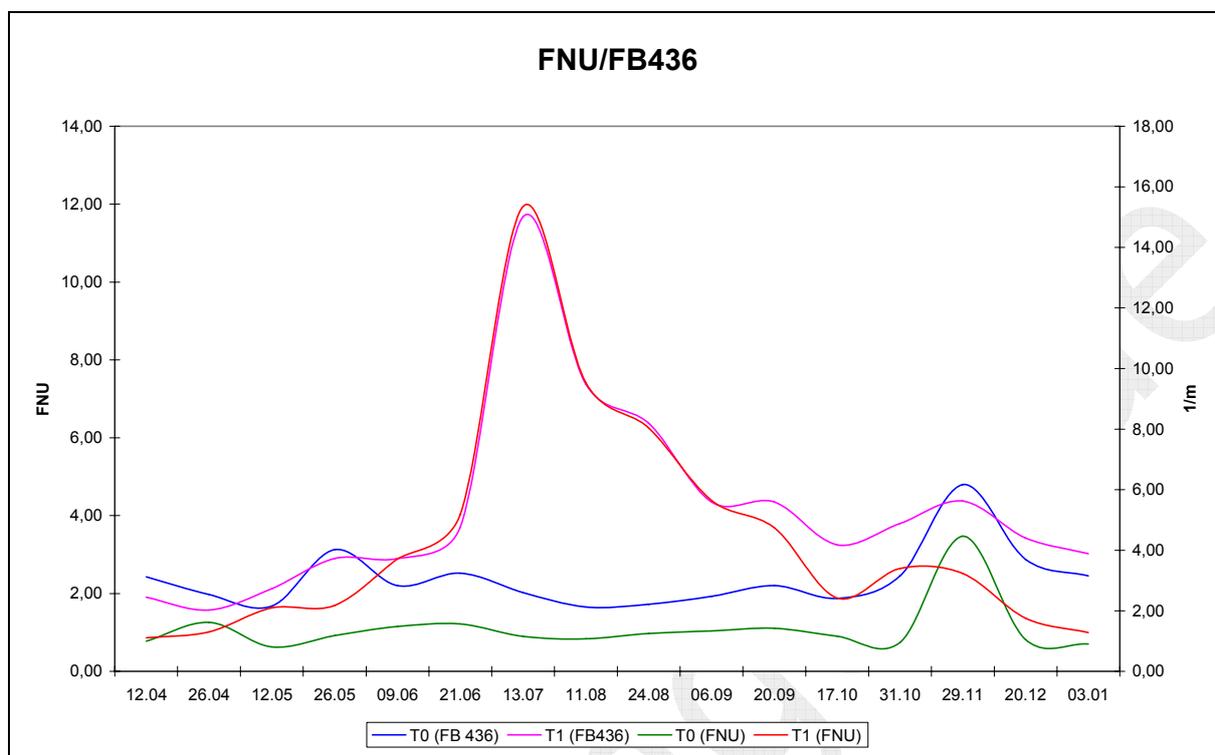


Abb. 3: Jahresverlauf Trübung/Färbung 2006, T0/T1

Trübung [FNU] /Färbung [m-1], 2006																
	12.04	26.04	12.05	26.05	09.06	21.06	13.07	11.08	24.08	06.09	20.09	17.10	31.10	29.11	20.12	03.01
T0 (FNU)	1,00	1,62	0,81	1,18	1,48	1,57	1,15	1,08	1,25	1,34	1,42	1,16	0,96	4,47	1,05	0,91
T1 (FNU)	1,11	1,30	2,10	2,18	3,71	5,19	15,35	9,53	8,04	5,65	4,74	2,42	3,40	3,23	1,76	1,29
T0 (FB 436)	2,43	1,98	1,68	3,13	2,20	2,53	2,03	1,65	1,73	1,93	2,20	1,88	2,45	4,80	2,88	2,45
T1 (FB436)	1,90	1,58	2,13	2,90	2,90	3,70	11,68	7,38	6,38	4,35	4,35	3,25	3,80	4,38	3,43	3,03

Tab. 3: Jahresverlauf Trübung/Färbung 2006, T0/T1

Abb. 3 veranschaulicht das Auftreten einer Wasserblüte in T1 für das Jahr 2006. Sowohl Trübungs- als auch Färbungsmessungen weisen in den Sommermonaten in T1 deutlich höhere Werte auf.

4.3 Phosphor

4.3.1 Phosphorquelle

Die Untersuchungen im Jahr 2005 ergaben, dass die starken Schwankungen der PO₄-P-Konzentrationen auf Prozesse der Phosphorbindung und -rücklösung im Sediment zurückzuführen sind. Die Freisetzung von Mangan aus dem Sediment unterliegt sehr ähnlichen Bedingungen wie die Freisetzung von Phosphor.

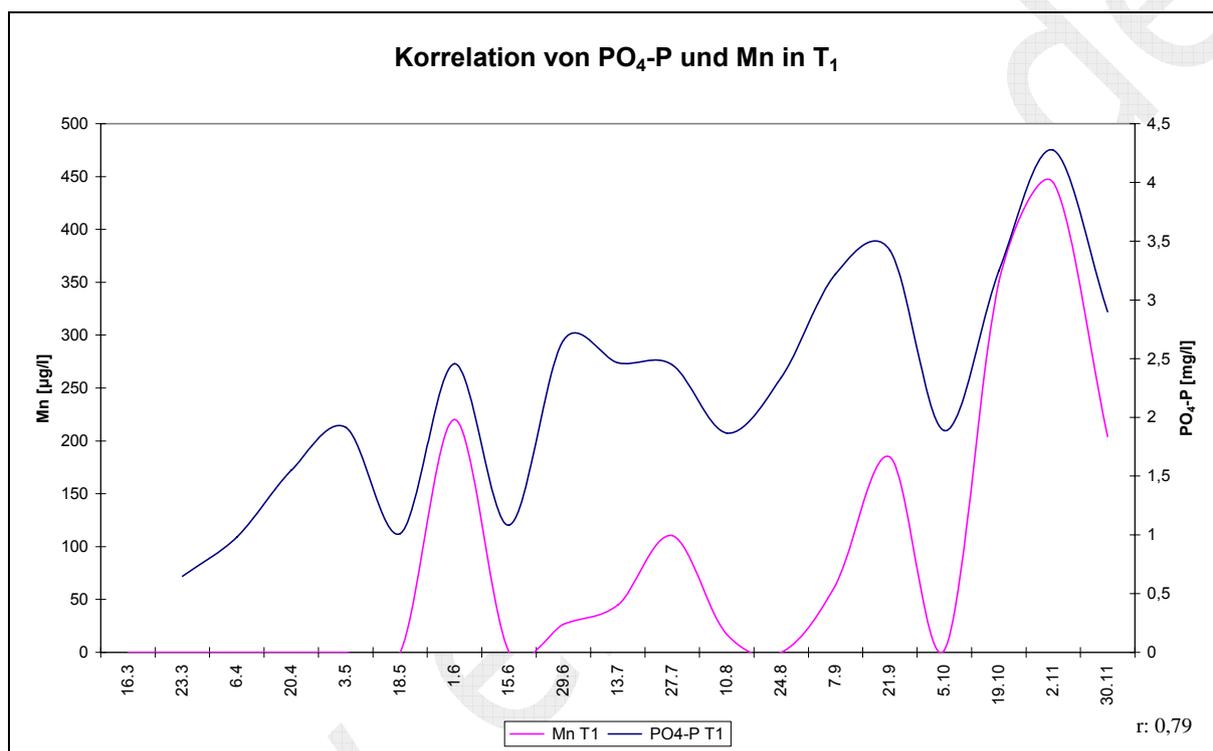


Abb. 4: Korrelation von PO₄-P und Mn in T₁

Mn [µg/l] und PO ₄ -P [mg/l] in T ₁ , 2005																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
x Mn T1	-	-	-	-	-	-	220,1	0,5	26,5	44,9	110,4	17,0	-	63,5	184,7	2,2	350,7	444,5	204,1
x PO ₄ -P T1		0,65	0,98	1,55	1,91	1,01	2,46	1,08	2,66	2,47	2,45	1,87	2,34	3,22	3,42	1,89	3,25	4,28	2,90

Tab. 4: Korrelation von PO₄-P und Mn in T₁

Abb. 4 zeigt die Verlaufskurven der mittleren Konzentrationen von Phosphat und Mangan in T₁. Besonders an den Tagen 1.6, 21.9 und 2.11 zeigen beide Graphen zeitgleich Maximalwerte auf. Auch die relativen Minima am 15.6, 5.10 und 30.11 treten bei beiden Graphen parallel auf, wodurch der Zusammenhang zwischen den beiden Parametern Phosphat- und Mangankonzentration deutlich wird. Der Korrelationskoeffizient zeigt mit dem Wert $r = 0,79$ deutlich den Zusammenhang der

angeführten Parameter. Die Phosphatschwankungen können demnach auf Bindungs- und Freisetzungsprozesse im Sediment zurückgeführt werden².

4.3.2 PO₄-P Konzentration

Anorganische Phosphorverbindungen kommen für gewöhnlich nur in geringen Mengen gelöst in Gewässern vor. In unbelasteten Gewässern stellt Phosphor als essentieller Pflanzennährstoff häufig den Minimumfaktor für die Primärproduktion dar und eine Eutrophierung beruht in erster Linie auf einer Zunahme der Phosphate.³

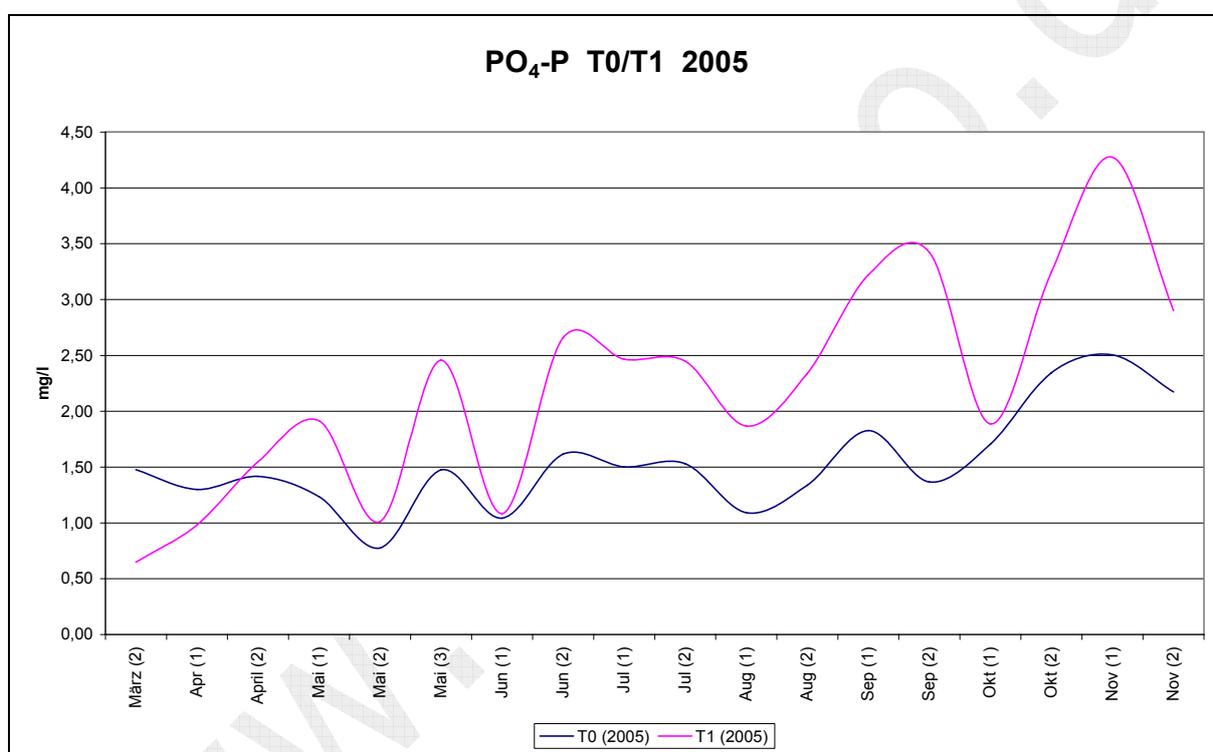


Abb. 5: Jahresverlauf PO₄-P 2005, T0/T1

		PO ₄ -P [mg/l]																	
		März (2)	Apr (1)	April (2)	Mai (1)	Mai (2)	Mai (3)	Jun (1)	Jun (2)	Jul (1)	Jul (2)	Aug (1)	Aug (2)	Sep (1)	Sep (2)	Okt (1)	Okt (2)	Nov (1)	Nov (2)
T0 (2005)		1,48	1,30	1,42	1,23	0,78	1,48	1,04	1,62	1,50	1,53	1,09	1,34	1,83	1,37	1,71	2,35	2,51	2,17
T1 (2005)		0,65	0,98	1,55	1,91	1,01	2,46	1,08	2,66	2,47	2,45	1,87	2,34	3,22	3,42	1,89	3,25	4,28	2,90

Tab. 5: Jahresverlauf PO₄-P 2005, T0/T1

Beide Gewässer weisen sehr hohe Phosphatkonzentrationen auf, so dass die Verfügbarkeit dieses Nährstoffs während der ganzen Vegetationsperiode gewährleistet ist. In Abb. 5 wird deutlich, dass sich die tendenziellen Verläufe der

² Vgl. Dinstuhl, 2006

³ Schwoerbel, 1984, S. 83

Phosphatkurven ab Anfang Mai sehr stark ähneln. Auffällig ist, dass die Schwankungen in T0 wesentlich geringere Ausmaße annehmen als im Referenzteich T1. Am Anfang des Untersuchungszeitraums zeigen die Graphen der Phosphatkonzentration einen unterschiedlichen Verlauf. Der Graph von T0 fällt zu Beginn der Untersuchungen kontinuierlich ab und der von T1 steigt erheblich an. Im April schneiden sich die Kurven und von diesem Zeitpunkt an übersteigt die Phosphatkonzentration von T1 die von T0. Anfang Mai gleicht sich der tendenzielle Verlauf der Phosphatkonzentrationen der Teiche T0 und T1 an. Aus dem tendenziellen Verlauf der Graphen wird deutlich, dass die Prozesse von Phosphatfreisetzung und -bindung im Sediment zwar zeitlich übereinstimmen, aber in unterschiedlicher Intensität stattfinden. Besonders auffällig ist, dass die Phosphorkonzentration in T0 zu Beginn der Untersuchungen deutlich über T1 liegt. Nach der ersten EM-Behandlung weist T0 im gesamten Jahresverlauf permanent geringere Werte auf. Durchschnittlich liegen die Werte für die Phosphorkonzentrationen in T0 um 34% unter denen in T1.

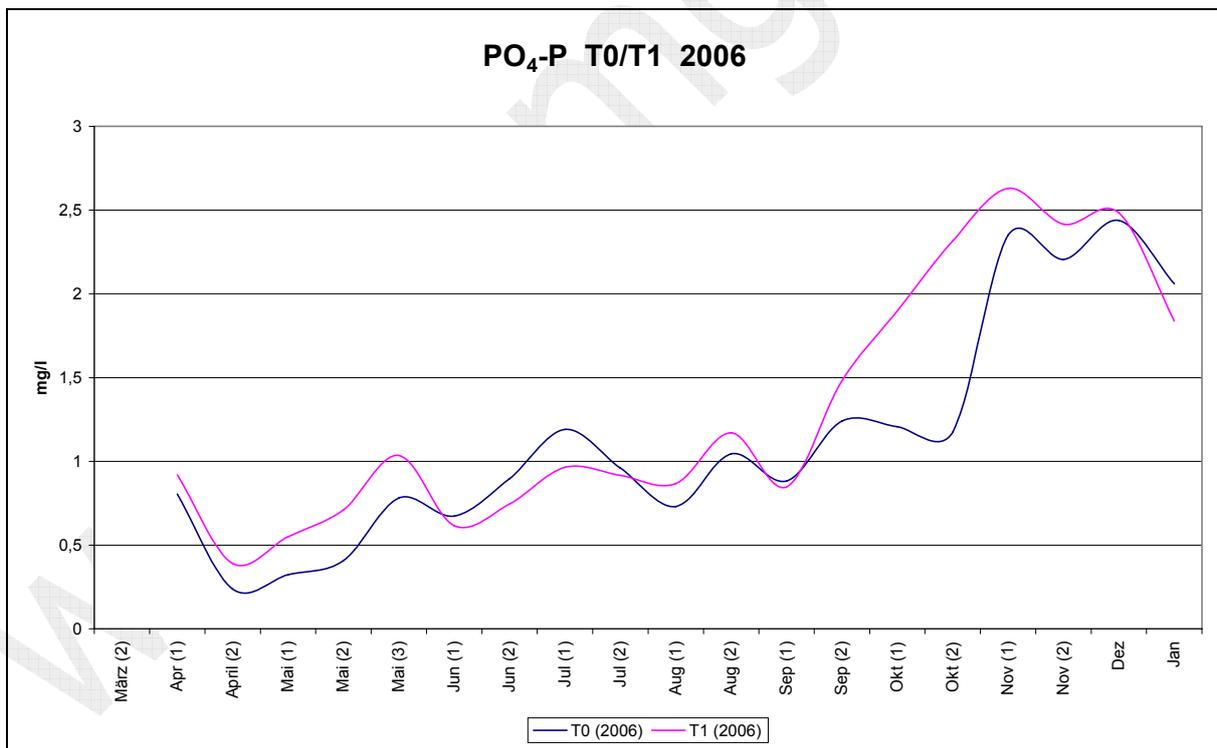


Abb. 6: Jahresverlauf PO₄-P 2006, T0/T1

PO ₄ -P 2006																				
	März (2)	Apr (1)	April (2)	Mai (1)	Mai (2)	Mai (3)	Jun (1)	Jun (2)	Jul (1)	Jul (2)	Aug (1)	Aug (2)	Sep (1)	Sep (2)	Okt (1)	Okt (2)	Nov (1)	Nov (2)	Dez	Jan
T0 (2006)		0,81	0,24	0,32	0,41	0,78	0,67	0,90	1,19	0,96	0,73	1,05	0,88	1,24	1,21	1,18	2,35	2,21	2,44	2,06
T1 (2006)		0,92	0,39	0,55	0,71	1,04	0,62	0,75	0,97	0,92	0,87	1,17	0,85	1,48	1,90	2,32	2,63	2,42	2,48	1,84

Tab. 6: Jahresverlauf PO₄-P 2006, T0/T1

Im Untersuchungsjahr 2006 wurde T1 ebenfalls einer EM-Behandlung unterzogen. Die Konzentrationsschwankungen beider Teiche weisen im Jahr 2006 einen sehr ähnlichen Verlauf auf. Die starke Differenz der Phosphatkonzentrationen aus dem Jahr 2005 ist in 2006 nicht zu messen. Auffällig ist, dass die Phosphatkonzentration in T1 zeitweise unter der Konzentration von T0 liegt. Die durchschnittliche Phosphorkonzentration in T0 liegt 16% unter der in T1.

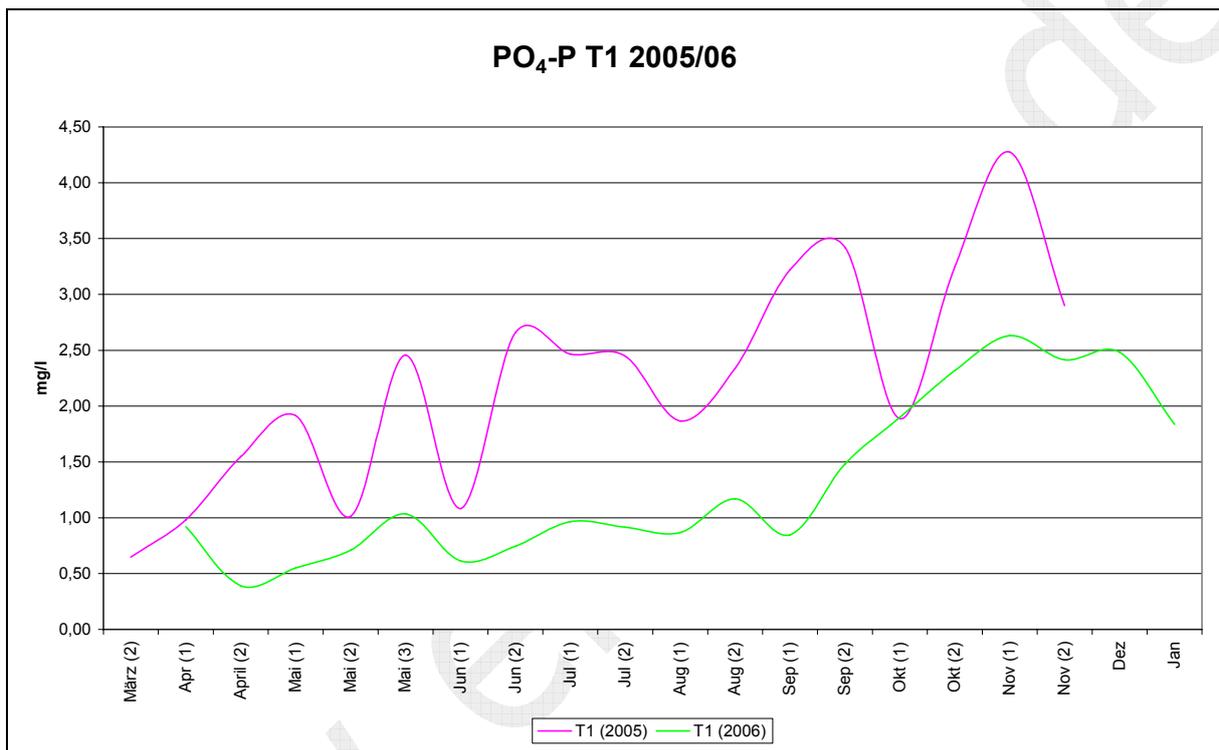


Abb. 7: Jahresverlauf PO₄-P 2005/06, T1

		PO ₄ -P [mg/l]																			
		März (2)	Apr (1)	April (2)	Mai (1)	Mai (2)	Mai (3)	Jun (1)	Jun (2)	Jul (1)	Jul (2)	Aug (1)	Aug (2)	Sep (1)	Sep (2)	Okt (1)	Okt (2)	Nov (1)	Nov (2)	Dez	Jan
T1 (2005)		0,65	0,98	1,55	1,91	1,01	2,46	1,08	2,66	2,47	2,45	1,87	2,34	3,22	3,42	1,89	3,25	4,28	2,90		
T1 (2006)			0,92	0,39	0,55	0,71	1,04	0,62	0,75	0,97	0,92	0,87	1,17	0,85	1,48	1,90	2,32	2,63	2,42	2,48	1,84

Tab. 7: Jahresverlauf PO₄-P 2005/06, T1

Die durchschnittliche Phosphorkonzentration in T1 ist im Behandlungsjahr 2006 48% geringer als im Vorjahr. Für 2006 ist demnach gegenüber 2005 in T1 eine signifikante Reduzierung der Phosphorrücklösung aus dem Sediment nachzuweisen.

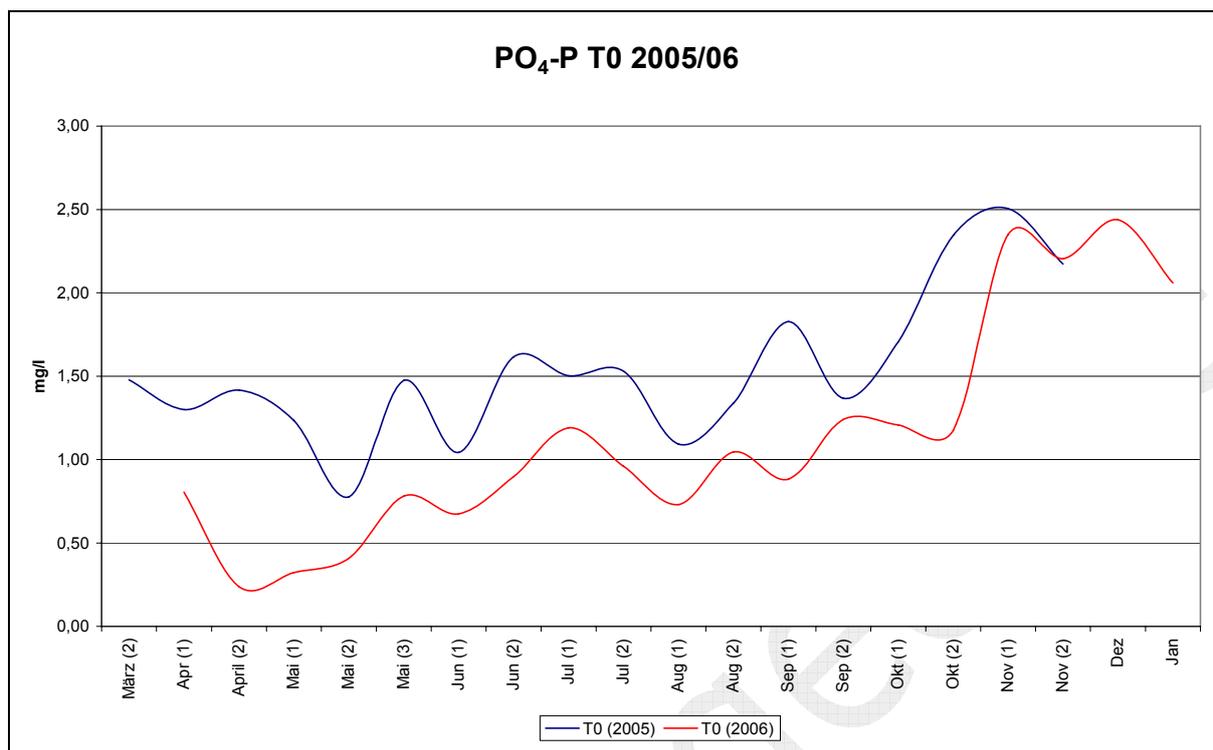


Abb. 8: Jahresverlauf PO₄-P 2005/06, T0

PO ₄ -P [mg/l]																				
	März (2)	Apr (1)	April (2)	Mai (1)	Mai (2)	Mai (3)	Jun (1)	Jun (2)	Jul (1)	Jul (2)	Aug (1)	Aug (2)	Sep (1)	Sep (2)	Okt (1)	Okt (2)	Nov (1)	Nov (2)	Dez	Jan
T0 (2005)	1,48	1,30	1,42	1,23	0,78	1,48	1,04	1,62	1,50	1,53	1,09	1,34	1,83	1,37	1,71	2,35	2,51	2,17		
T0 (2006)		0,81	0,24	0,32	0,41	0,78	0,67	0,90	1,19	0,96	0,73	1,05	0,88	1,24	1,21	1,18	2,35	2,21	2,44	2,06

Tab. 8: Jahresverlauf PO₄-P 2005/06, T0

Die durchschnittliche Phosphorkonzentration in T0 liegt 2006 35% unter den Werten von 2005. Nach E. Hammes wirkt eine EM-Behandlung in Gewässern nachhaltig: „Wir haben beobachtet, dass ein Beginn der EM-Gaben im Winter, im Herbst, im Frühjahr und im Sommer Wirkungen in Gewässern nachhaltig hervorruft.“⁴ Die niedrigeren Phosphorkonzentrationen im zweiten Jahr nach der EM-Behandlung können daher Ausdruck einer weiteren Reduzierung der Phosphorrückführung sein.

⁴ Hammes, 2006, S. 52

4.4 Ammonium (NH₄-N)

Ammonium entsteht bei der Proteinzersetzung (Ammonifikation) und wird in Gewässern mit funktionierender Selbstreinigung durch Mikroorganismen über Nitrit zu Nitrat oxidiert (Nitrifikation). Nitrat wird in beiden Gewässern vollständig aufgebraucht, so dass die Stickstoffversorgung der photoautotrophen Pflanzen durch Ammonium gedeckt werden muss und die Nitrifikation vermindert wird.⁵

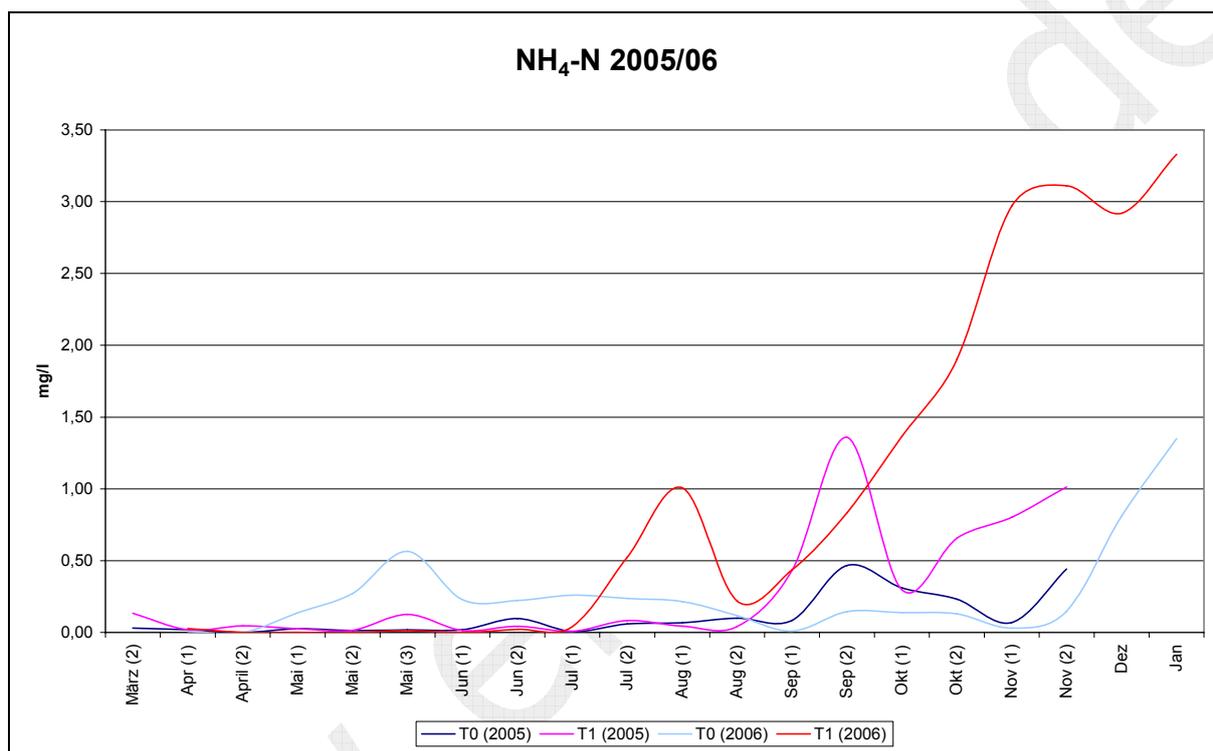


Abb. 9: Jahresverlauf NH₄-N 2005/06, T0/T1

		NH ₄ -N [mg/l]																			
		März (2)	Apr (1)	April (2)	Mai (1)	Mai (2)	Mai (3)	Jun (1)	Jun (2)	Jul (1)	Jul (2)	Aug (1)	Aug (2)	Sep (1)	Sep (2)	Okt (1)	Okt (2)	Nov (1)	Nov (2)	Dez	Jan
T0 (2005)		0,03	0,02	0,00	0,03	0,01	0,02	0,02	0,10	0,01	0,06	0,07	0,10	0,08	0,47	0,31	0,23	0,07	0,44		
T1 (2005)		0,13	0,02	0,05	0,03	0,02	0,13	0,01	0,04	0,01	0,08	0,04	0,04	0,43	1,36	0,30	0,66	0,80	1,01		
T0 (2006)			0,01	0,00	0,14	0,27	0,57	0,23	0,22	0,26	0,24	0,22	0,12	0,01	0,15	0,14	0,13	0,03	0,15	0,81	1,35
T1 (2006)			0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,04	0,52	1,01	0,22	0,44	0,83	1,37	1,90	2,97	3,11	2,92	3,33

Abb. 9: Jahresverlauf NH₄-N 2005/06, T0/T1

Abb. 9 zeigt die Verlaufskurve der Ammoniumkonzentrationen in den Teichen T0 und T1 in beiden Untersuchungsjahren. Alle Gewässer weisen zeitweise einen vollständigen Verbrauch des Ammoniums auf. Die Primärproduktion ist demnach durch die Stickstoffverfügbarkeit begrenzt. Auffällig ist die hohe

⁵ Vgl. Dinstuhl, 2006

Ammoniumfreisetzung in T1 am Ende der Vegetationsperiode 2006. In T1 ist die Freisetzung von Ammonium in dem Behandlungsjahr 2006 deutlich höher als im Jahr 2005. Die erhöhte Ammoniumfreisetzung stützt die Erklärungsansätze von K. Teubner. Durch eine verkürzte turnover-Zeit werden die gespeicherten Nährstoffe abgestorbener Wasserorganismen schneller freigesetzt, wodurch ein Anstieg der Ammoniumkonzentration zu erwarten ist. Durch die Stickstofflimitierung der Gewässer kann die erhöhte Freisetzung während der Vegetationszeit nicht gemessen werden, da die Nährstoffe sofort wieder für die phototrophe Pflanzenproduktion genutzt werden. Am Ende der Vegetationsperiode überschreitet die Ammoniumfreisetzung dann den Verbrauch, so dass die erhöhten Konzentrationen messbar werden.

5 Zusammenfassung

Um die Auswirkungen einer EM-Behandlung in Kleingewässern zu testen, wurden in den Jahren 2005 und 2006 zwei Teichanlagen der Stadt Münster mit Effektiven Mikroorganismen behandelt und untersucht.

Für Gewässerbehandlungen mit Effektiven Mikroorganismen werden folgende Auswirkungen beschrieben:

- Schnellerer Abbau organischer Substanz und somit eine Verkürzung der turnover-Zeiten
- Verminderung von Fäulnisprozessen und damit eine Reduzierung von Phosphorrückführung und Schwefelwasserstoffbildung
- Verbessertes Wachstum von Wasserpflanzen
- Reduzierung von Wasserblüten und Erhöhung der Sichttiefe

Die beschriebenen Auswirkungen des EM-Einsatzes in Gewässern können teilweise durch die Untersuchungsergebnisse bestätigt werden. Trotz höherer Ausgangswerte liegt die durchschnittliche Phosphatkonzentration in T0 im Untersuchungsjahr 2005 um 34% unter denen von T1. Diese starke Differenz im Jahresverlauf 2005 ist nach der Behandlung von T1 im Untersuchungsjahr 2006 nicht mehr festzustellen. In T1 ist im Jahr 2006 eine Reduzierung der Phosphatrückführung um 48% infolge der EM-Erstbehandlung messbar, und die Verminderung der Phosphatwerte im zweiten Jahr nach der EM-Behandlung um 35% in T0 zeigt die nachhaltige Wirksamkeit der im

Jahr 2005 durchgeführten Gewässerbehandlung. Aufgrund der Untersuchungsergebnisse ist anzunehmen, dass ein direkter Zusammenhang zwischen der Gewässerbehandlung mit EM und der Phosphorrückführung aus dem Sediment besteht. Die Messreihen bestätigen diesbezüglich die Erklärungsansätze von K. Teubner.

Eine signifikante Erhöhung der Ammoniumfreisetzung am Ende der Vegetationszeit 2006 in T1 deutet auf einen schnelleren Abbau der organischen Substanzen gegenüber dem Vorjahr hin. Diese Messwerte unterstützen die Annahme von K. Teubner, dass eine Gewässerbehandlung mit Effektiven Mikroorganismen die turnover-Zeiten verkürzen und somit die Stoffflüsse mobilisiert werden. Für einen Nachweis sind diesbezüglich weitere Untersuchungen erforderlich.

Die Ausbildung einer Wasserblüte konnte durch den EM-Einsatz nicht verhindert werden. Eine mögliche Ursache für das Ausbleiben von Wasserblüten nach einem EM-Einsatz bei anderen Projekten ist die Phosphorbindung im Sediment. Aufgrund der enorm hohen Phosphorverfügbarkeit in den untersuchten Teichen, ist eine Reduzierung der Wasserblüte durch Phosphorlimitierung in diesen Teichen nicht möglich. Das Ausbleiben einer Wasserblüte in T0 kann auf die geringere Stickstoffverfügbarkeit zurückgeführt werden.

Verschiedene anerkannte Restaurierungsmaßnahmen zielen auf Phosphorbindung und Verminderung der Phosphorrückführung ab, um Wasserblüten zu vermindern. Ein positiver Nutzen des Einsatzes Effektiver Mikroorganismen bei Restaurierungsmaßnahmen an Kleingewässern kann somit bestätigt werden.

Eine Weiterführung des Forschungsprojektes könnte insbesondere Erkenntnisse über die Nachhaltigkeit des EM-Einsatzes bezüglich der Phosphorregulierung bringen. Weiterhin sollte überprüft werden, ob durch eine Fortsetzung der Behandlung und gegebenenfalls eine quantitative Erhöhung der EM-Zugabe die Ergebnisse verbessert werden können.

Anlage

Messreihen 2005

Wassertemperatur [°C]																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
T0		11,28	11,78	11,68	16,30	11,83	15,78	17,20	18,75	22,00	17,45	15,30	17,13	17,83	12,05	12,33	8,80	11,33	3,10
T1		11,15	11,95	11,60	16,40	12,00	15,70	17,13	19,05	21,20	17,58	15,33	16,85	17,78	11,95	12,35	8,48	11,28	3,08

pH-Wert																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
T0	7,79 €	7,75 €	7,70 €	7,82 €	8,10 €	7,97 €	7,38 €	8,12 €	7,69 €	7,96 €	7,51 €	7,62 €	7,60 €	7,66 €	7,30 €	7,48 €	7,37 €	7,31 €	7,37 €
T1	7,81 €	8,05 €	8,29 €	7,82 €	7,74 €	7,53 €	7,44 €	7,76 €	7,50 €	7,92 €	7,68 €	7,91 €	7,70 €	7,44 €	7,20 €	7,49 €	7,26 €	7,19 €	7,34 €

elektrische Leitfähigkeit [µS]																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
T0	317,25	328,25	323,75	302,50	329,50	229,75	363,50	457,75	480,50	468,50	482,25	461,00	439,75	451,25	597,75	531,75	562,25	527,50	485,75
T1	392,00	425,00	396,00	380,00	394,75	261,50	417,75	516,25	536,25	515,25	532,75	502,50	478,50	497,75	513,75	462,25	484,00	472,25	448,25

PO4 - P [mg/l]																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
T0		1,48	1,30	1,42	1,23	0,78	1,48	1,04	1,62	1,50	1,53	1,09	1,34	1,83	1,37	1,71	2,35	2,51	2,17
T1		0,65	0,98	1,55	1,91	1,01	2,46	1,08	2,66	2,47	2,45	1,87	2,34	3,22	3,42	1,89	3,25	4,28	2,90

Nges																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
T0	0,37	0,34	0,48	0,33	0,37	0,23	0,60	0,00	1,06	0,85	0,80	0,72	0,91	0,89	1,22	0,77	0,75	0,75	1,20
T1	1,02	0,55	0,50	0,50	0,40	0,16	0,70	0,00	0,88	0,77	0,79	0,80	0,92	1,19	2,02	1,05	1,34	1,75	2,07

NH4 - N [mg/l]																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
T0	0,03		0,02	0,00	0,03	0,01	0,02	0,02	0,10	0,01	0,06	0,07	0,10	0,08	0,47	0,31	0,23	0,07	0,44
T1	0,13		0,02	0,05	0,03	0,02	0,13	0,01	0,04	0,01	0,08	0,04	0,04	0,43	1,36	0,30	0,66	0,80	1,01

Nitrat [mg/l]																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
T0	< 0,3	< 0,3	0,08	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,09	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,15	< 0,3
T1	1,02	< 0,3	0,15	0,09	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3

DOC [mg/l]																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
T0	9,31	8,23	12,05	12,89	10,68	15,86	12,27	12,88	17,23	15,77	11,94	13,28	12,10	11,48	21,59	9,82	9,85	11,56	12,15
T1	9,68	9,66	12,04	11,10	11,21	12,16	11,39	11,95	18,58	15,64	13,19	12,25	12,81	12,63	12,27	13,07	12,67	14,64	13,98

Sulfat [mg/l]																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
T0	4,76	4,73	5,46	4,24	4,62	4,36	4,45	3,31	2,33	1,98	1,39	0,18	1,16	1,43	4,77	3,90	3,01	1,82	3,33
T1	24,10	25,21	26,31	23,55	20,48	18,70	14,85	12,48	9,32	5,93	5,64	2,61	3,97	3,45	4,06	4,36	2,81	2,63	4,26

Chlorid [mg/l]																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
T0	19,28	19,98	20,92	19,97	19,14	18,96	19,07	18,57	18,41	17,55	17,27	16,66	16,66	16,65	29,82	28,18	27,88	26,26	24,83
T1	20,80	21,90	23,04	21,79	20,66	20,27	19,46	19,52	19,08	18,05	18,15	17,06	17,29	17,35	19,20	18,33	18,40	17,43	17,23

Ca [mg/l]																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
T0	33,19	35,93	35,82	36,30	39,86	45,76	46,22	46,14	50,19	50,21	50,21	46,51		48,18	38,28	39,84	40,81	42,41	36,58
T1	62,49	67,78	62,35	60,25	61,68	70,80	68,40	68,25	71,75	68,73	70,88	64,23		66,48	61,90	63,75	64,55	67,55	58,50

Cu [µg/l]																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
T0	29,38	24,28	19,18	5,90	9,48	4,65	10,38	2,20	5,45	66,83	2,95	<7,1		11,53	10,65	7,05	6,03	11,38	11,38
T1	10,85	15,58	9,98	<7,1	<7,1	<7,1	<7,1	<7,1	<7,1	<7,1	<7,1	<7,1		1,83	<7,1	<7,1	2,10	4,20	4,20

Fe [µg/l]																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
T0	<24,8	<24,8	<24,8	<24,8	<24,8	<24,8	<24,8	<24,8	<24,8	<24,8	73,83	<24,8		<24,8	<24,8	<24,8	<24,8	7,98	<24,8
T1	<24,8	<24,8	<24,8	<24,8	<24,8	<24,8	<24,8	<24,8	<24,8	<24,8	24,38	<24,8		<24,8	<24,8	<24,8	<24,8	36,69	<24,8

K [mg/l]																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
T0	5,28	5,32	5,16	5,22	5,13	4,85	5,15	5,53	5,37	8,16	5,98	6,23		6,17	5,65	6,02	6,50	7,12	6,59
T1	5,18	5,33	4,87	4,97	5,00	4,66	4,84	5,16	5,20	5,08	5,54	5,44		5,48	5,73	5,95	6,69	7,23	6,68

Mg [mg/l]																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
T0	3,66	3,77	3,71	3,80	3,88	3,97	4,08	4,08	4,35	4,18	4,23	4,16		4,37	3,69	3,85	4,07	4,67	3,70
T1	5,58	5,84	5,50	5,52	5,48	5,51	5,49	5,52	5,87	5,45	5,58	5,39		5,52	5,30	5,41	5,78	6,35	5,04

Mn [µg/l]																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
T0	<1,3	<1,3	<1,3	<1,3	<1,3	<1,3	0,00	<1,3	<1,3	<1,3	<1,3	<1,3		<1,3	<1,3	11,10	91,48	170,70	110,60
T1	<1,3	<1,3	<1,3	<1,3	<1,3	<1,3	220,13	0,50	26,50	44,93	110,43	16,98		63,48	184,68	2,20	350,65	444,53	204,10

Na [mg/l]																			
	16.3	23.3	6.4	20.4	3.5	18.5	1.6	15.6	29.6	13.7	27.7	10.8	24.8	7.9	21.9	5.10	19.10	2.11	30.11
T0	32,59	32,76	31,88	31,57	31,18	27,82	31,72	35,92	33,04	32,46	33,44	33,08		27,31	64,53	54,85	54,15	51,28	52,95
T1	26,30	26,81	25,54	25,84	26,05	22,42	27,09	30,73	28,25	23,04	28,30	30,25		23,43	30,63	27,26	26,86	24,94	28,81

Messreihen 2006

Temperatur [°C]														
Nr/Datum	12.04	26.04	12.05	26.05	09.06	21.06	13.07	11.08	24.08	06.09	20.09	17.10	31.10	29.11
T0	7,58	14,25	16,10	12,68	16,53	19,48	22,45	15,65	16,87	16,58	15,07	11,00	12,07	8,03
T1	7,53	14,40	15,98	12,78	16,85	20,03	21,45	16,45	17,13	16,48	14,73	10,38	11,78	8,00

pH - Wert																
Nr/Datum	12.04	26.04	12.05	26.05	09.06	21.06	13.07	11.08	24.08	06.09	20.09	17.10	31.10	29.11	20.12	03.01
T0	7,82	8,01	7,84	7,69	7,91	7,81	7,85	8,15	8,12	8,34	8,01	7,97	7,75	7,49	7,51	7,65
T1	7,92	7,94	7,76	7,65	8,24	7,73	7,99	7,85	8,10	7,84	7,66	7,59	7,57	7,51	7,47	7,55

Leitfähigkeit µS																
Nr/Datum	12.04	26.04	12.05	26.05	09.06	21.06	13.07	11.08	24.08	06.09	20.09	17.10	31.10	29.11	20.12	03.01
T0	372,00	383,00	0,00	374,50	374,75	382,50	387,50	549,25	543,00	503,00	591,50	544,75	522,00	493,50	486,25	446,75
T1	440,25	457,50	0,00	437,00	444,00	450,25	421,00	462,50	469,00	432,00	513,00	500,00	486,50	447,75	441,00	415,00

Sichttiefe [cm]																
Nr/Datum	12.04	26.04	12.05	26.05	09.06	21.06	13.07	11.08	24.08	06.09	20.09	17.10	31.10	29.11	20.12	03.01
T0	>80	>90	>80	>80	>80	>90	>70	>80		>80	>70	>60	<60	50	>70	>70
T0	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>50	>60		>60	>50	>40	n.m	>40	>60	>50
T1	>90	>70	>60	>70	>60	40	30	40		>60	>50	>50	>40	>50	>60	>70
T1	>80	>80	>70	>90	>70	40	30	50		50	40	>70	>50	60	>60	>70

NH4-N																
Nr/Datum	12.04	26.04	12.05	26.05	09.06	21.06	13.07	11.08	24.08	06.09	20.09	17.10	31.10	29.11	20.12	03.01
T0	0,01	0,00	0,27	0,57	0,23	0,22	0,26	0,22	0,12	0,01	0,15	0,13	0,03	0,15	0,81	1,35
T1	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,04	1,01	0,22	0,44	0,83	1,90	2,97	3,11	2,92	3,33

PO4-P [mg/l]																
Nr/Datum	12.04	26.04	12.05	26.05	09.06	21.06	13.07	11.08	24.08	06.09	20.09	17.10	31.10	28.11	19.12	03.01
T0	0,81	0,24	0,41	0,78	0,67	0,90	1,19	0,73	1,05	0,88	1,24	1,18	2,35	2,21	2,44	2,06
T1	0,92	0,39	0,71	1,04	0,62	0,75	0,97	0,87	1,17	0,85	1,48	2,32	2,63	2,42	2,48	1,84

FB 436																
Nr/Datum	12.04	26.04	12.05	26.05	09.06	21.06	13.07	11.08	24.08	06.09	20.09	17.10	31.10	29.11	20.12	03.01
T0	2,43	1,98	1,68	3,13	2,20	2,53	2,03	1,65	1,73	1,93	2,20	1,88	2,45	4,80	2,88	2,45
T1	1,90	1,58	2,13	2,90	2,90	3,70	11,68	7,38	6,38	4,35	4,35	3,25	3,80	4,38	3,43	3,03

Trübung [FNU]																
Nr/Datum	12.04	26.04	12.05	26.05	09.06	21.06	13.07	11.08	24.08	06.09	20.09	17.10	31.10	29.11	20.12	03.01
T0	1,00	1,62	0,81	1,18	1,48	1,57	1,15	1,08	1,25	1,34	1,42	1,16	0,96	4,47	1,05	0,91
T1	1,11	1,30	2,10	2,18	3,71	5,19	15,35	9,53	8,04	5,65	4,74	2,42	3,40	3,23	1,76	1,29

NO2-N [mg/l]																
Nr/Datum	12.04	26.04	12.05	26.05	09.06	21.06	13.07	11.08	24.08	06.09	20.09	10.07	31.10	29.11	20.12	03.01
T0	0,03	0,00	0,02	0,05	0,04	0,04	0,01					0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
T1	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

O2 [mg/l]														
Nr/Datum	12.04	26.04	12.05	26.05	09.06	21.06	13.07	11.08	24.08	06.09	20.09	17.10	31.10	29.11
T0	6,81	7,96	3,74	2,35	4,90	3,27	3,51	4,39	5,04	7,81	3,77	4,90	1,88	0,31
T1	8,93	9,53	3,68	2,65	10,61	3,39	6,89	3,99	6,38	4,09	0,95	0,43	0,38	0,41

O2 [%]														
Nr/Datum	12.04	26.04	12.05	26.05	09.06	21.06	13.07	11.08	24.08	06.09	20.09	17.10	31.10	29.11
T0	57,55	78,23	38,28	22,20	50,35	35,95	40,00	45,43	51,13	79,98	37,80	44,97	17,80	2,60
T1	75,33	93,55	37,08	25,68	109,60	37,60	78,33	41,50	67,20	42,25	4,43	3,75	3,58	4,18

Verzeichnisse

Literatur:

Dinstuhl, J.: „Restaurierung von Kleingewässern im urbanen Raum – Referenzstudie zu einer Teichrestaurierung mit Mikroorganismen“, unveröffentlichte Diplomarbeit an der Ruhr-Universität Bochum, 2006 (auf Anforderung bei **emgeo** erhältlich)

Hammes, E.: „EM Lösungen – Teiche, Schwimmteiche, Koiteiche, Pools“, Eifelkrone Verlag, Neroth 2006

Schwoerbel, J.: „Einführung in die Limnologie“, 5. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1984

Teubner, K.: „EM Effektive® Mikroorganismen in Schwimmteichen: Wie kann eine unerwünschte Trübe durch Schwebalgen vermindert werden?“, Internet, 08.01.2007: <http://www.multikraft.at/01051/pdf/TeubnerEMSchwimmteichen.pdf>

Tabellenverzeichnis:

- Tab. 1: Sichttiefe 2005
- Tab. 2: Sichttiefe 2006
- Tab. 3: Jahresverlauf Trübung/Färbung 2006, T0/T1
- Tab. 4: Korrelation von PO₄-P und Mn in T1
- Tab. 5: Jahresverlauf PO₄-P 2005, T0/T1
- Tab. 6: Jahresverlauf PO₄-P 2006, T0/T1
- Tab. 7: Jahresverlauf PO₄-P 2005/06, T1
- Tab. 8: Jahresverlauf PO₄-P 2005/06, T0
- Tab. 9: Jahresverlauf NH₄-N 2005/06, T0/T1

Abbildungsverzeichnis:

- Abb. 1: Vegetation an T0
- Abb. 2: Vegetation an T1
- Abb. 3: Jahresverlauf Trübung/Färbung 2006, T0/T1
- Abb. 4: Korrelation von PO₄-P und Mn in T1
- Abb. 5: Jahresverlauf PO₄-P 2005, T0/T1
- Abb. 6: Jahresverlauf PO₄-P 2006, T0/T1
- Abb. 7: Jahresverlauf PO₄-P 2005/06, T1
- Abb. 8: Jahresverlauf PO₄-P 2005/06, T0
- Abb. 9: Jahresverlauf NH₄-N 2005/06, T0/T1