

Die Qualität von Teichböden – wichtige Einflussfaktoren

Institut für Fischerei

Fortbildungstagung für Fischzucht und Fischhaltung
14. - 15. Januar 2020

Martin Oberle¹, Jan Masilko¹, Dennis Kallert³, Christina Loy³,
Martin Wiesmeier²

Die Qualität von Teichböden – wichtige Einflussfaktoren

- **Projekt 1: „Steigerung der Naturnahrungsproduktion in der Karpfenteichwirtschaft zur Förderung einer nachhaltigen und ökologischen Produktion“**
- Martin Oberle¹, Jan Masilko¹, Dennis Kallert³, Christina Loy³, Martin Wiesmeier²
- **Projekt 2: „Maßnahmen gegen Virose in der ökologischen Aquakultur“**
- Oberle, M.¹; Mletzko, A.⁴; Christian, J.⁵; Becker, A.⁴; Amtmann, A.⁴; Steinke, K.⁴; Steinhagen, D.⁶; Wedekind, H.¹; Buchholz, R.⁴
- ¹: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Fischerei, Außenstelle für Karpfenteichwirtschaft, D-91315 Höchstadt an der Aisch,
- ²: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, D- 85354 Freising,
- ³: KALLERT & LOY GbR, D-91325 Adelsdorf
- ⁴: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Bioverfahrenstechnik
- ⁵ : Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
- ⁶: Tierärztliche Hochschule Hannover, Arbeitsgruppe Fischkrankheiten und Fischhaltung

BÖLN

D

Bundesprogramm Ökologischer Landbau
und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft

t: Gefördert mit Mitteln des Bundesprogramms
Ökologischer Landbau

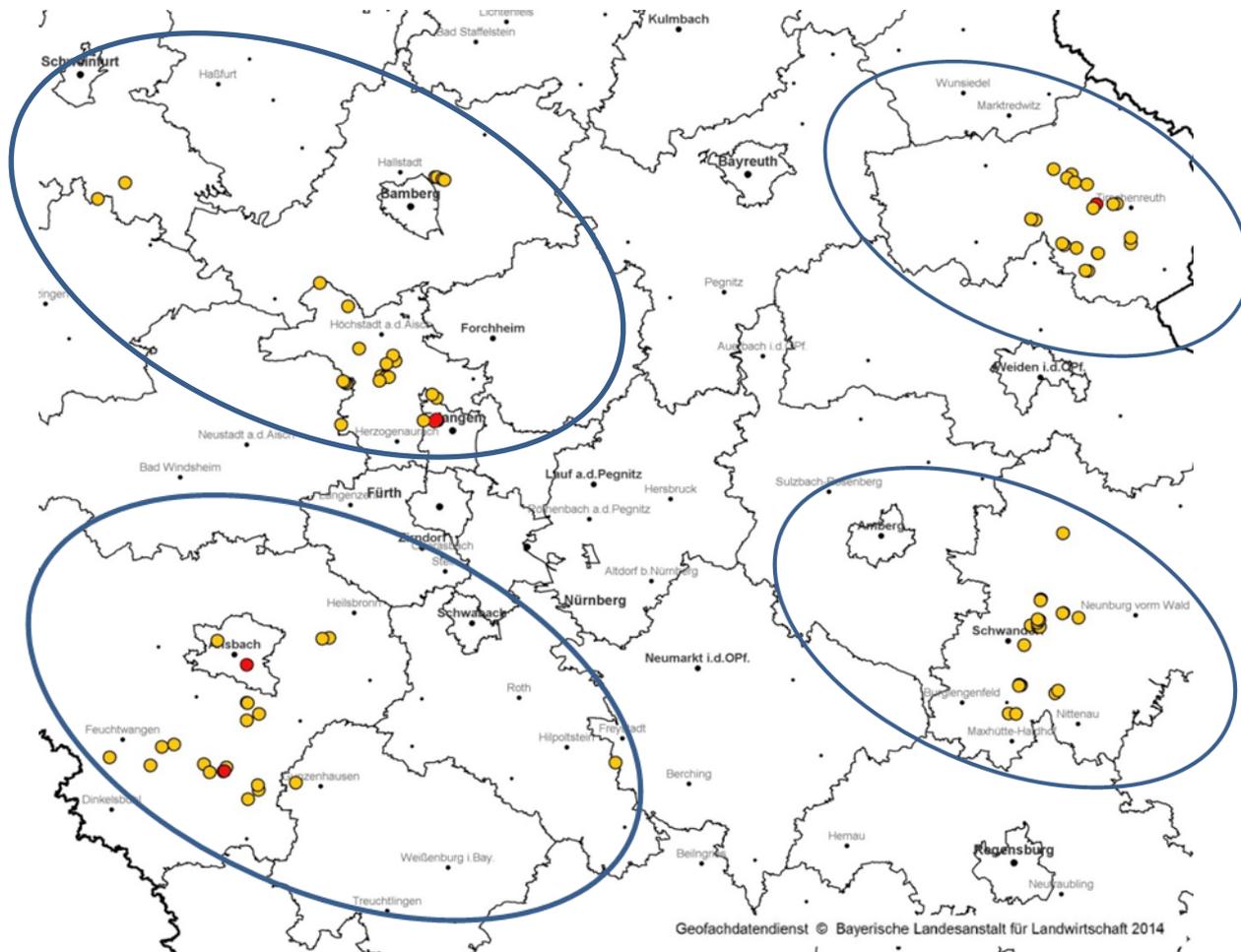
Einige Ergebnisse







Überblick über Qualität



OBERLE, M., BUCHHOLZ, R.; CHRISTIAN, J.; MLETZKO, A.; BECKER, A.; WEDEKIND, H.; (2016):

Mittlere Schlammdicke in cm

Teichgebiet	n	Durchschnitt	Minimum	Maximum
Aischgrund	25	18± 11	0	40
Ansbacher Land	21	21 ± 16	2	80
Tirschenreuth	20	33± 50	5	200
Schwandorf	20	16 ± 7	1	30
Insgesamt	86	22± 26	0	200

OBERLE, M., BUCHHOLZ, R.; CHRISTIAN, J.; MLETZKO, A.; BECKER, A.; WEDEKIND, H.; (2016):

Die **Trockenmasse der Schlammproben** betrug im Durchschnitt in allen 4 Entnahmegebieten

ca. 35 % T (17 % bis 58 %).

Entsprechend beträgt der **Wassergehalt** durchschnittlich

ca. 65% (42% bis 83%)

OBERLE, M., BUCHHOLZ, R.; CHRISTIAN, J.; MLETZKO, A.; BECKER, A.; WEDEKIND, H.; (2016):

pH-Wert

Teichgebiet	n	Durchschnitt	Minimum	Maximum
Aischgrund	25	7,1 ^a ± 0,6	5,5	7,8
Ansbacher Land	21	6,7 ^a ± 0,7	4,8	7,5
Tirschenreuth	20	5,4 ^b ± 0,4	4,8	6,3
Schwandorf	20	5,7 ^b ± 0,5	4,9	7,0
Insgesamt	86	6,3 ± 0,9	4,8	7,8

Unterschiedliche Hochbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede
 $p \leq 0,05$

OBERLE, M., BUCHHOLZ, R.; CHRISTIAN, J.; MLETZKO, A.; BECKER, A.; WEDEKIND, H.; (2016):

Organische Substanz (% der T)

Teichgebiet	n	Durchschnitt	Minimum	Maximum
Aischgrund	25	6,2 ^{bc} ± 2,7	2,2	11,0
Ansbacher Land	21	8,4 ^{ab} ± 4,9	2,9	18,6
Tirschenreuth	20	9,9 ^a ± 5,8	2,1	21,2
Schwandorf	20	11,3 ^a ± 6,4	3,4	23,3
Insgesamt	86	8,8 ± 5,3	2,1	23,3

Unterschiedliche Hochbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede
 $p \leq 0,05$

OBERLE, M., BUCHHOLZ, R.; CHRISTIAN, J.; MLETZKO, A.; BECKER, A.; WEDEKIND, H.; (2016):

Gehalt an pflanzenverfügbarem Phosphor

P₂O₅ CAL (mg/100 g Boden trocken)

Teichgebiet	n	Durchschnitt	Minimum	Maximum
Aischgrund	25	25 ^{bc} ± 15	1	56
Ansbacher Land	21	32 ^{ab} ± 23	6	97
Tirschenreuth	20	16 ^c ± 12	2	46
Schwandorf	20	18 ^c ± 11	7	62
Insgesamt	86	23 ± 17	1	97

Einfluß Kläranlage: Durchschnitt von 3 Teichen: 63 mg/100 g

OBERLE, M., BUCHHOLZ, R.; CHRISTIAN, J.; MLETZKO, A.; BECKER, A.; WEDEKIND, H.; (2016):

Einfluss Trockenlegen



Versuchsaufbau

Versuchseinheiten:

12 Teichparzellen (2 x 2 m)

12 Große Behälter (600 l)

24 Kleine Eimer (12 l)

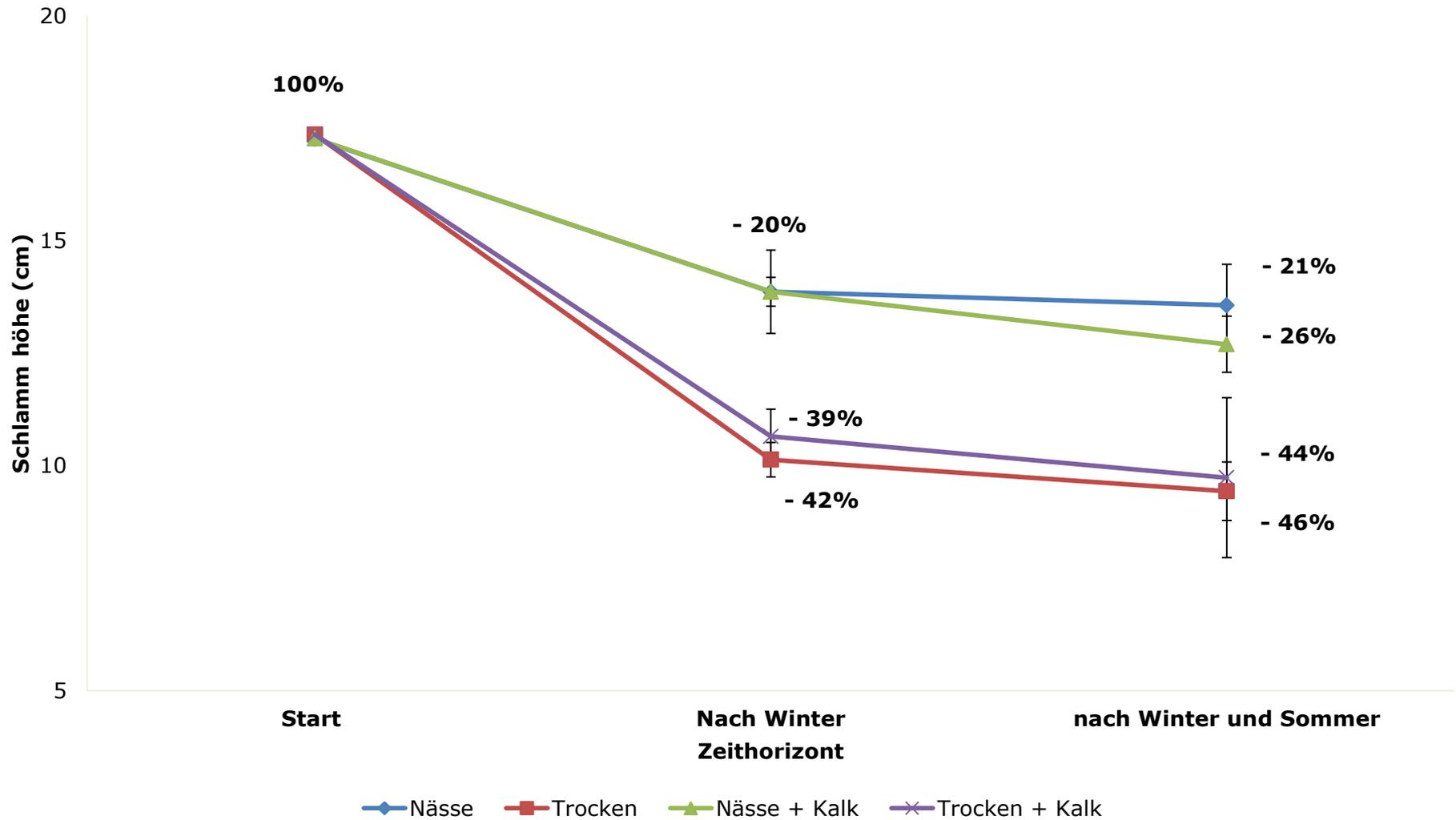




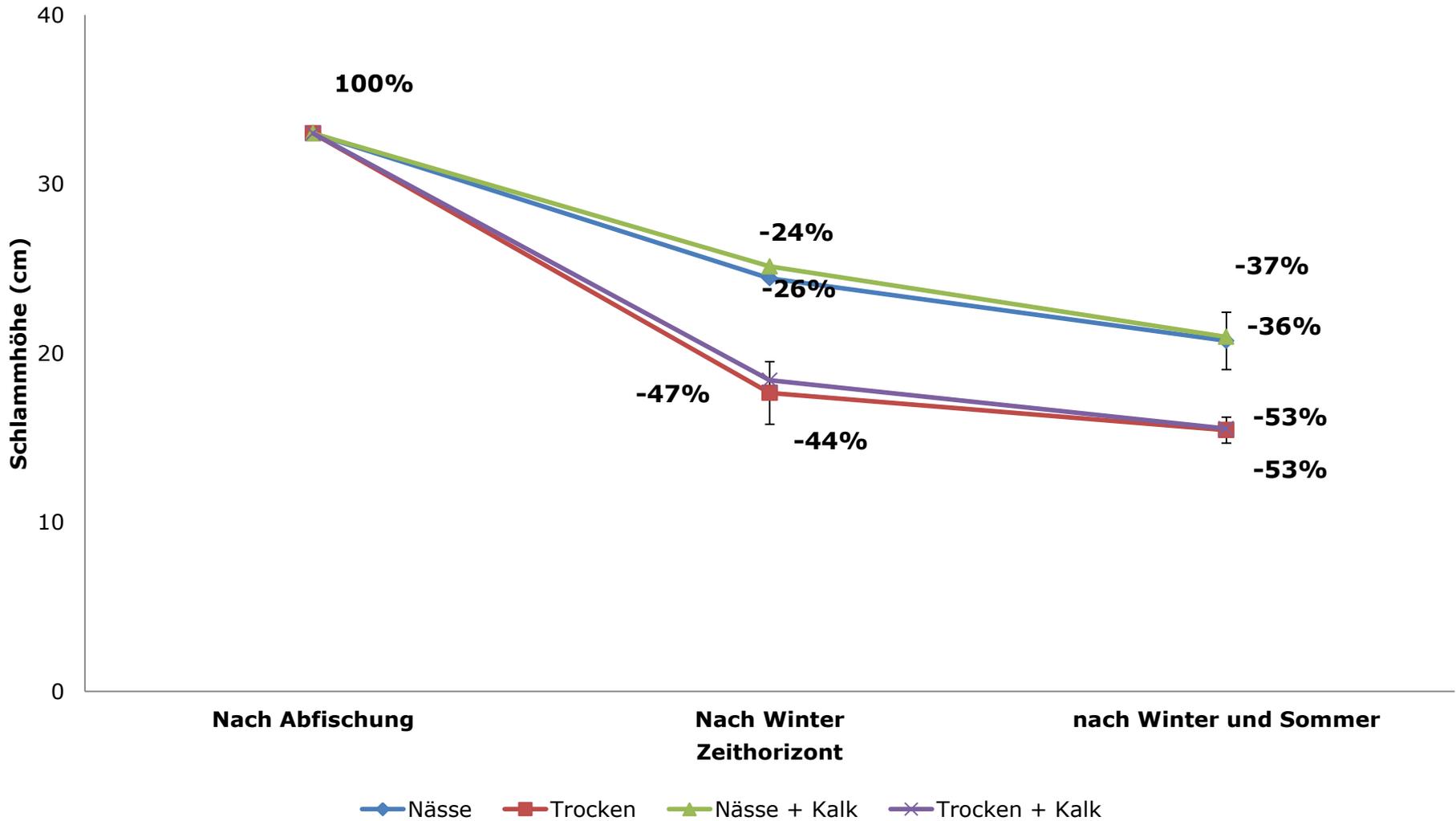
Behandlungen

- Trockenlegen des Teiches
 - im Winter
 - anschließend im Sommer
- Staunass/Trocken
- Kalkung/ohne Kalkung

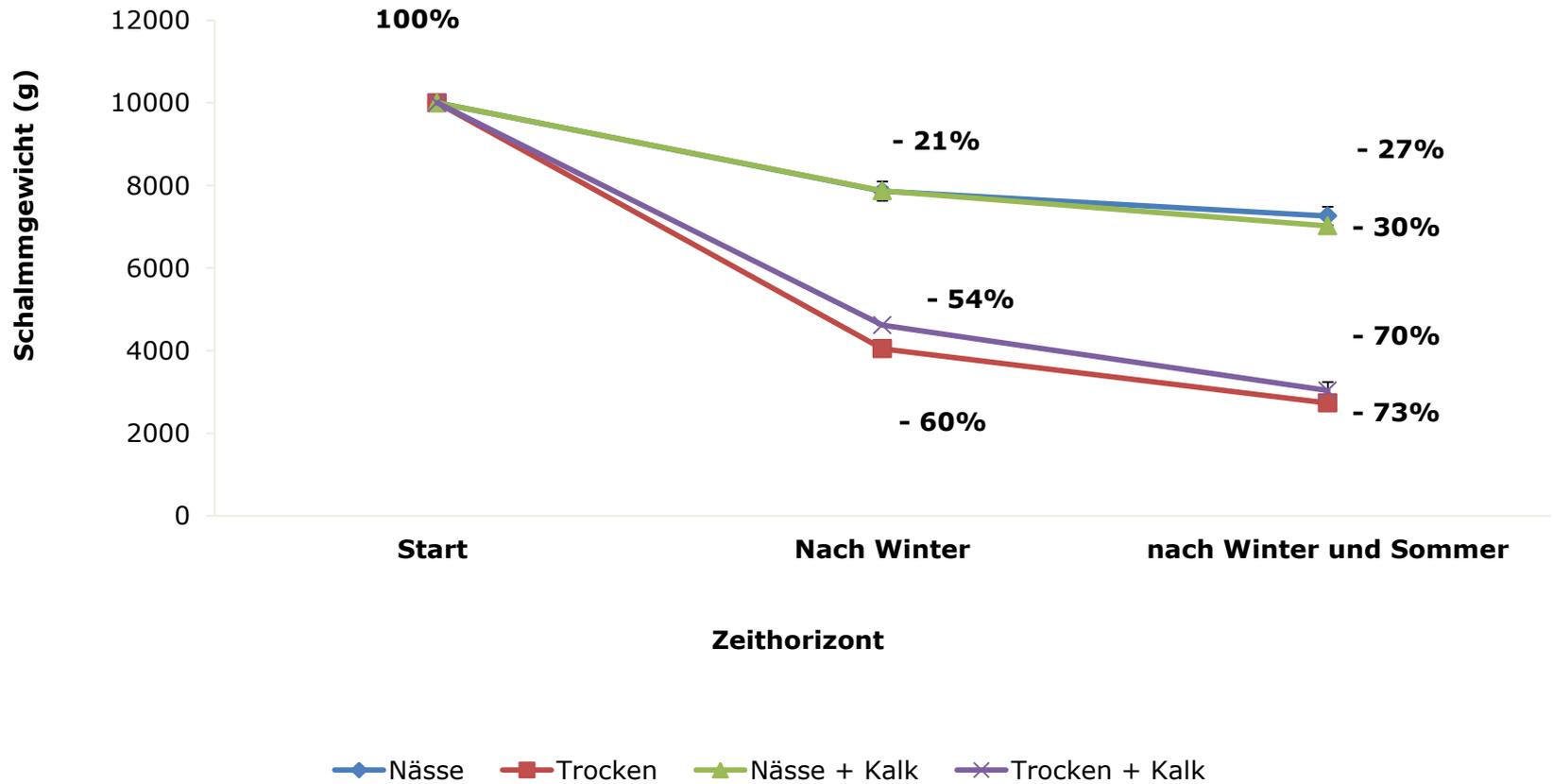
Veränderung der Höhe von Teichschlamm in kleinen Eimern (12 L) mit verschiedenen Behandlungen (Staunass, Trocken, Kalkung) nach Lagerung im Winters und des anschließenden Sommers



Veränderung der Höhe des Teichschlammes in grossen Behältern (600 L) mit verschiedenen Behandlungen (Staunass, Trocken, Kalkung) nach Lagerung im Winter und des anschließenden Sommers



Veränderung der Gesamtgewichtes des in kleine Eimer (12 L) eingebrachten Teichschlammes mit verschiedenen Behandlungen (Staunass, Trocken, Kalkung) nach Lagerung im Winters und des anschließenden Sommers.



Mikrobielle Biomasse und mikrobielle Aktivität

(Mittelwerte aller Versuchsbehälter)

- **Mikrobielle Biomasse:** Signifikante Unterschiede

Nach Winter: :

Variante Trocken: 1265 $\mu\text{gC/g TS}$ vs. 431 $\mu\text{gC/g TS}$ in der staunassen Variante

Nach Sommer:

Variante Trocken: 353 $\mu\text{gC/g TS}$ vs. 1079 $\mu\text{gC/g TS}$ in der staunassen Variante.

Die **mikrobielle Aktivität** war in allen Gruppen meist ähnlich. Lediglich bei starker Austrocknung des Teichbodens im Sommer zeigte sich ein in der Regel signifikanter Rückgang der mikrobiellen Aktivität bei einer Katalasezahl von im Mittel 118.3 ml Vol-O₂ in den staunassen vs. sowie einer Katalasezahl von 48.6 ml Vol-O₂ in den trockenen Versuchseinheiten.

Einfluss des winterlichen Ausgefrierens und des Sömmerns auf die Qualität von Teichböden (Versuchseinheit I: Kleine Eimer 12 L). Gehalte und Anteile bezogen auf die Trockenmasse der Bodenproben

Parameter	Datum											
	29.11.2016	30.03.2017					27.09.2017					
	Null Probe	Nass	Trocken	Nass und Kalk	Trock.und Kalk	Nass	Trocken	Nass und Kalk	Trock.und Kalk			
TM (%)	(38.3) ± -	41.1 ± 1.3 ^a	58.4 ± 1.7 ^b	40.4 ± 1.8 ^a	51.5 ± 0.6 ^c	31.5 ± 0.6 ^a	84.1 ± 1.4 ^b	31.4 ± 0.8 ^a	74.9 ± 4.2 ^c			
Corg (mg/g)	80.8 ± 0.7	77.5 ± 1.8	80.8 ± 2.0	78.8 ± 0.8	79.4 ± 0.6	81.3 ± 2.4	82.1 ± 1.5	81.5 ± 1.8	81.2 ± 0.8			
Organische Subst. (%)	13.9 ± 0.1	13.4 ± 0.3	13.9 ± 0.4	13.6 ± 0.1	13.7 ± 0.1	14.0 ± 0.4	14.1 ± 0.3	14.1 ± 0.3	14.0 ± 0.1			
Nt (mgN/g)	7.2 ± 0.1	7.1 ± 0.1 ^{ab}	7.3 ± 0.1 ^a	6.9 ± 0.1 ^b	7.1 ± 0.1 ^{ab}	7.0 ± 0.1 ^a	7.3 ± 0.1 ^b	6.9 ± 0.1 ^a	7.3 ± 0.1 ^b			
P ₂ O ₅ – CAL (mg/100m g)	14.2 ± 0.6	18.0 ± 1.8	13.4 ± 0.4	17.4 ± 0.5	13.0 ± 0.2	11.9 ± 0.1	13.9 ± 0.3	14.3 ± 1.3	12.8 ± 0.5			
Gesam. P ₂ O ₅ (mg/100m g)	128.5 ± 0.7	134.3 ± 2.9	131.0 ± 3.7	128.3 ± 2.6	127.0 ± 1.4	126.7 ± 1.2 ^{ab}	134.3 ± 0.5 ^a	125.3 ± 0.9 ^b	129.3 ± 0.9 ^{ab}			
KAT-ZA (ml) VolIO	115.8 ± -	94.2 ± 5.8	96.7 ± 3.0	93.4 ± 6.7	83.5 ± 3.5	126.2 ± 8.4 ^a	53.0 ± 4.1 ^b	109.2 ± 16.5 ^a	60.2 ± 2.6 ^b			
MW-Biomasse (µgC/gTS)	1143.7 ± -	293.8 ± 85.7 ^a	1170.1 ± 81.8 ^b	382.6 ± 34.5 ^a	1262.4 ± 36.2 ^b	1213.3 ± 215.3 ^a	485.9 ± 86.8 ^b	930.9 ± 5.4 ^{ab}	538.3 ± 29.4 ^b			

TS: Trockenmasse; Canorg, Carbonat-C-Bestimmung; Ct, Gesamtkohlenstoff; Corg, organischer Kohlenstoff ; Nt, Gesamtstickstoff; P2O5 – CAL, Pflanzenverfügbar Phosphor; Gesam. P2O5, Gesamt-Phosphor; KAT-ZA, Mikrobielle Aktivität; MW-Biomasse, Mikrobielle Biomasse.

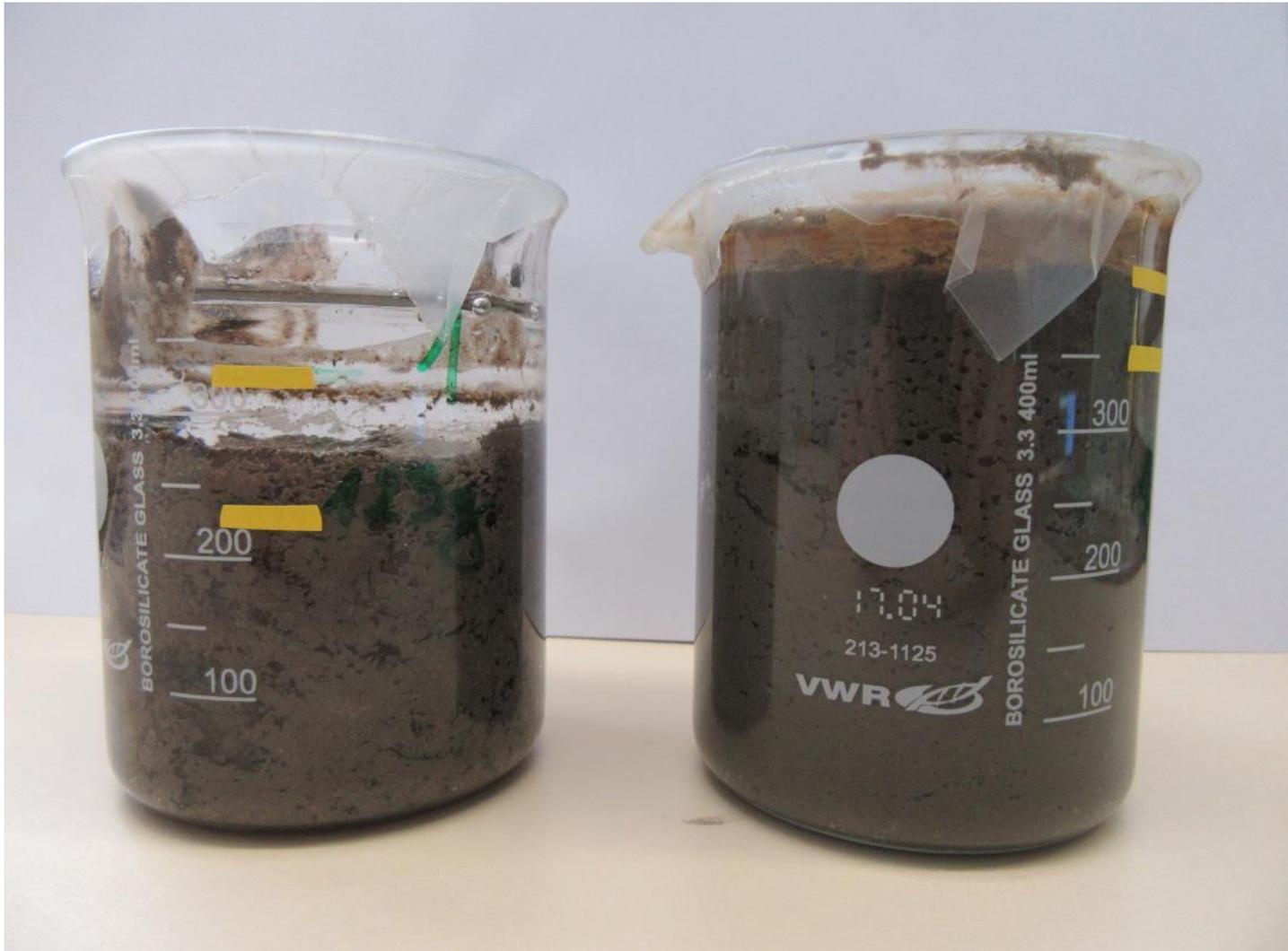
Verschiedene Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede (P < 0.05)

Wert in (Klammer): Trockenmasse versehentlich von angetrockneten Proben bestimmt

Woher stammt Rückgang der Schlammsschichten?

-> Austrocknung!

-> wohl auch Veränderung der Struktur der Organischen Substanz sowie von Schrumpfungsprozessen der mineralischen Bestandteile



Einfluss der Belüftung/Fischbesatz auf Mikroorganismen Teichboden

Einfluss der **Belüftung** auf Mikroorganismen (Aktivität und Biomasse) in Teichböden

Parameter	Einheit	Ohne Belüftung			Mit Belüftung	
			±			
EW KAT-ZA	(ml) VolO	64.9	±	36.6	105.0 ±	64.7
MW-Biomasse	µgC/gTS	994.7	±	126.1	1272.6 ±	268*

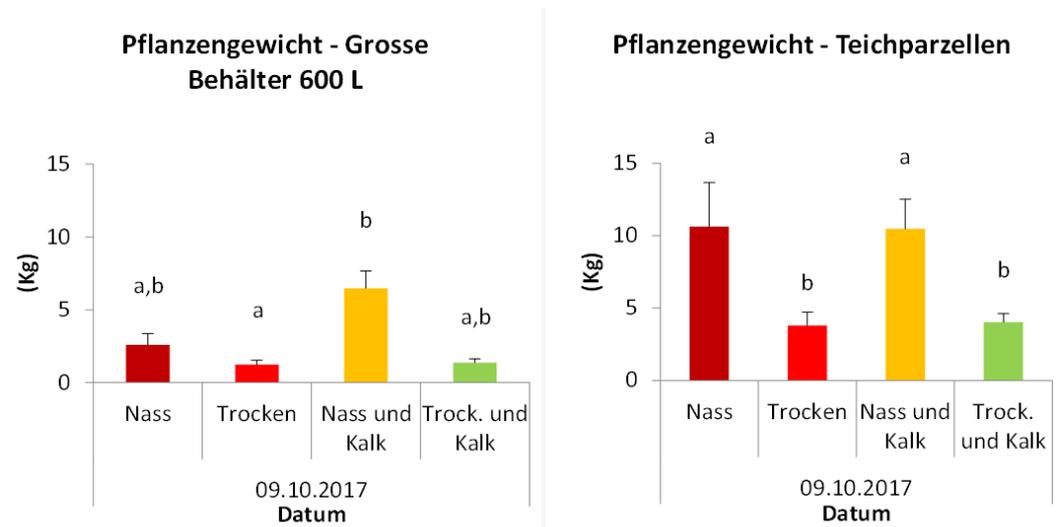
Mit * gekennzeichnete Werte beschreiben signifikante Unterschiede ($P < 0.05$).

Einfluss des **Fischbesatzes** auf Mikroorganismen (Aktivität und Biomasse) in Teichböden

Parameter	Einheit	Kontrolle	Pferdemist	Nur Karpfen	Hühnermist
		(n = 6)	(n = 5)	(n = 4)	(n = 4)
EW KAT-ZA	(ml) VolO	56.5 ± 23.7 ^a	120.8 ± 37.5 ^b	104.6 ± 19.8 ^b	91.4 ± 40.3 ^{ab}
MW-Biomasse	µgC/gTS	638.2 ± 180.4 ^a	1319.7 ± 433.3 ^b	1370.7 ± 277.7 ^b	874.4 ± 440.8 ^{ab}

n: Anzahl der Proben; Kontrolle: ohne Fischbesatz und Düngung. Verschiedene Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede ($P < 0.05$).

Einfluss Vegetation auf Gehalt an pflanzenverfügbarem Phosphor



Gehalt an pflanzenverfügbarem Phosphor (P₂O₅-CAL) am Ende der Sömmerung

	Nullprobe im Herbst	Nass	Trocken	Nass und Kalk	Trocken und Kalk
Kleine Eimer	14.2 ± 0.6	11.9 ± 0.1	13.9 ± 0.3	14.3 ± 1.3	12.8 ± 0.5
Grosse Kübel	13.7 ± 0.1	7.4 ± 0.4	11.1 ± 1.2	9.4 ± 2.5	8.7 ± 3.1
Teichparzellen	13.9 ± 0.5	3.0 ± 0.6 ^a	0.7 ± 0.4 ^b	3.2 ± 0.6 ^a	0.4 ± 0.4 ^b

Zusammenfassung

- Einflüsse auf Teichbodenqualität (pH, P, etc) geogenen und androgenen Ursprungs
- Durch die Belüftung war eine höhere mikrobielle Aktivität und eine signifikant ($P < 0.05$) höhere mikrobielle Biomasse (1272.6 vs. 994.7 $\mu\text{gC/gTS}$) festzustellen.
- Durch Fischbesatz war die mikrobielle Biomasse und die mikrobielle Aktivität im Teichboden deutlich erhöht
- Vegetation verringert Gehalt an pflanzenverfügbarem P nach Sömmerung deutlich

Zusammenfassung

- Bereits das Trockenlegen im Winter (im ersten Halbjahr) erzielt einen deutlichen Rückgang der Schlammschicht, je nach Staunässe um (20 -47 %), im folgenden Sommer setzte sich der Rückgang deutlich langsamer fort und betrug Ende des Sommers insgesamt 21 – 53 %.
- Der Rückgang der Schlammschicht bleibt bei Wiedereinstau zum Teil erhalten.
- Weder durch das einmalige Trockenlegen im Winter noch durch das einmalige Trockenlegen im Sommer wurde, auch unter Berücksichtigung der Bodenkalkung, der Gehalt an organischer Substanz im Teichboden reduziert
- Der Rückgang der Schlammschicht beruht zunächst nicht auf der Mineralisierung der organischen Substanz sondern neben der Austrocknung wahrscheinlich einer Veränderung der Struktur der organischen Substanz und evtl. der mineralischen Bestandteile des Bodens
- Eine wirksame Reduktion von organischer Substanz im Teichboden kann vermutlich allenfalls nur durch regelmäßiges Trockenlegen - am besten in Verbindung mit Durchlüftung (Bodenbearbeitung) - erreicht werden.

Gehalt an Gesamtphosphor (P_2O_5) in mg/100 g Boden

Teichgebiet	n	Durchschnitt	Minimum	Maximum
Aischgrund	25	155 ± 74	51	324
Ansbacher Land	21	167 ± 78	63	385
Tirschenreuth	20	200 ± 98	57	421
Schwandorf	20	186 ± 86	70	390
Insgesamt	86	175 ± 84	51	421

OBERLE, M., BUCHHOLZ, R.; CHRISTIAN, J.; MLETZKO, A.; BECKER, A.; WEDEKIND, H.; (2016):

Mittlere Werte aus den 3 Versuchsaufbauten: Qualität von Teichböden (Versuchseinheit I: Kleine Eimer 12 L, Grosse Kübl, Teichparzellen). Gehalte und Anteile bezogen auf die Trockenmasse der Bodenproben

Parameter	Datum								
	29.11.2016	30.03.2017				27.09.2017			
	Null Probe	Nass	Trocken	Nass und Kalk	Trock.u nd Kalk	Nass	Trocken	Nass und Kalk	Trock.u nd Kalk
TM (%)	(39,5)	41,6	53,7	43,0	51,2	31,5	66,7	30,5	62,4
Organische Subst. (%)	12,3	13,6	12,1	13,3	12,2	13,5	11,2	14,2	12,9
EW KAT-ZA (ml) VoIO	105,2	101,2	91,9	111,6	84,3	111,5	43,7	125,6	53,6
MW-Biomasse (µgC/gTS)	1042,8	308,3	857,1	376,2	957,7	1163,8	332,6	1193,0	400,4

TS: Trockenmasse; Canorg, Carbonat-C-Bestimmung; Ct, Gesamtkohlenstoff; Corg, organischer Kohlenstoff ; Nt, Gesamtstickstoff; P₂O₅ – CAL, Pflanzenverfügbar Phosphor; Gesam. P₂O₅, Gesamt-Phosphor; KAT-ZA, Mikrobielle Aktivität; MW-Biomasse, Mikrobielle Biomasse. Verschiedene Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede ($P < 0.05$)
 Wert in (Klammer): Trockenmasse versehentlich von angetrockneten Proben bestimmt

Einfluss des winterlichen Ausgefrierens und des Sömmerns auf die Qualität von Teichböden (Versuchseinheit I: Kleine Eimer 12 L). Gehalte und Anteile bezogen auf die Trockenmasse der Bodenproben

Parameter	Datum										
	29.11.2016			30.03.2017				27.09.2017			
	Null Probe	Nass	Trocken	Nass und Kalk	Trock.und Kalk	Nass	Trocken	Nass und Kalk	Trock.und Kalk		
TM (%)	38.3 ± -	41.1 ± 1.3 ^a	58.4 ± 1.7 ^b	40.4 ± 1.8 ^a	51.5 ± 0.6 ^c	31.5 ± 0.6 ^a	84.1 ± 1.4 ^b	31.4 ± 0.8 ^a	74.9 ± 4.2 ^c		
pH-Wert	7.3 ± 0.1	7.3 ± 0.1	7.3 ± 0.1	7.4 ± 0.1	7.4 ± 0.1	6.9 ± 0.1	7.0 ± 0.1	7.0 ± 0.1	7.0 ± 0.1		
Canorg (mg/g)	4.0 ± 0.1	4.5 ± 0.2 ^{ab}	4.0 ± 0.1 ^b	5.3 ± 0.4 ^a	5.1 ± 0.5 ^a	4.5 ± 0.3 ^{ab}	3.8 ± 0.2 ^a	5.2 ± 0.2 ^b	4.5 ± 0.1 ^{ab}		
Ct (mg/g)	84.8 ± 0.6	82.0 ± 1.7	84.8 ± 2.0	84.1 ± 0.6	84.4 ± 0.6	85.8 ± 2.2	85.9 ± 1.5	86.7 ± 1.7	85.7 ± 0.7		
Corg (mg/g)	80.8 ± 0.7	77.5 ± 1.8	80.8 ± 2.0	78.8 ± 0.8	79.4 ± 0.6	81.3 ± 2.4	82.1 ± 1.5	81.5 ± 1.8	81.2 ± 0.8		
Organische Subst. (%)	13.9 ± 0.1	13.4 ± 0.3	13.9 ± 0.4	13.6 ± 0.1	13.7 ± 0.1	14.0 ± 0.4	14.1 ± 0.3	14.1 ± 0.3	14.0 ± 0.1		
Nt (mgN/g)	7.2 ± 0.1	7.1 ± 0.1 ^{ab}	7.3 ± 0.1 ^a	6.9 ± 0.1 ^b	7.1 ± 0.1 ^{ab}	7.0 ± 0.1 ^a	7.3 ± 0.1 ^b	6.9 ± 0.1 ^a	7.3 ± 0.1 ^b		
Humusqualität (Corg/Nt)	11.2 ± 0.1	10.9 ± 0.1	11.1 ± 0.2	11.3 ± 0.2	11.2 ± 0.1	11.6 ± 0.3	11.2 ± 0.1	11.7 ± 0.3	11.2 ± 0.1		
P ₂ O ₅ – CAL (mg/100mg)	14.2 ± 0.6	18.0 ± 1.8	13.4 ± 0.4	17.4 ± 0.5	13.0 ± 0.2	11.9 ± 0.1	13.9 ± 0.3	14.3 ± 1.3	12.8 ± 0.5		
Gesam. P ₂ O ₅ (mg/100mg)	128.5 ± 0.7	134.3 ± 2.9	131.0 ± 3.7	128.3 ± 2.6	127.0 ± 1.4	126.7 ± 1.2 ^{ab}	134.3 ± 0.5 ^a	125.3 ± 0.9 ^b	129.3 ± 0.9 ^{ab}		
EW KAT-ZA (ml) VoIO	115.8 ± -	94.2 ± 5.8	96.7 ± 3.0	93.4 ± 6.7	83.5 ± 3.5	126.2 ± 8.4 ^a	53.0 ± 4.1 ^b	109.2 ± 16.5 ^a	60.2 ± 2.6 ^b		
MW-Biomasse (µgC/gTS)	1143.7 ± -	293.8 ± 85.7 ^a	117.0 ± 81.8 ^b	382.6 ± 34.5 ^a	126.2 ± 36.2 ^b	121.3 ± 215.3 ^a	485.9 ± 86.8 ^b	930.9 ± 235.4 ^{ab}	538.3 ± 29.4 ^b		

TS: Trockenmasse; Canorg, Carbonat-C-Bestimmung; Ct, Gesamtkohlenstoff; Corg, organischer Kohlenstoff; Nt, Gesamtstickstoff; P₂O₅ – CAL, Pflanzenverfügbar Phosphor; Gesam. P₂O₅, Gesamt-Phosphor; KAT-ZA, Mikrobielle Aktivität; MW-Biomasse, Mikrobielle Biomasse. Verschiedene Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede ($P < 0.05$)

Einfluss des winterlichen Ausgefrierens und des Sömmerns auf die Qualität von Teichböden (Versuchseinheit II: Grosse Behälter 600 L). Gehalte und Anteile bezogen auf die Trockenmasse der Bodenproben.

Parameter	Datum										
	29.11.2016			30.03.2017				27.09.2017			
	Null Probe	Nass	Trocken	Nass und Kalk	Trock.und Kalk	Nass	Trocken	Nass und Kalk	Trock.und Kalk		
TM (%)	40.4 ± 0.4	44.1 ± 1.9	56.5 ± 0.7	49.5 ± 6.4	53.1 ± 4.2	33.0 ± 3.8 ^a	68.7 ± 3.2 ^b	33.3 ± 4.2 ^a	70.6 ± 0.4 ^b		
pH-Wert	7.4 ± 0.1	7.3 ± 0.1	7.3 ± 0.1	7.4 ± 0.1	7.4 ± 0.1	7.1 ± 0.1	7.1 ± 0.1	7.1 ± 0.1	7.1 ± 0.1		
Canorg (mg/g)	6.7 ± 0.1	5.6 ± 0.7	5.6 ± 0.1	7.2 ± 0.5	7.0 ± 0.1	6.6 ± 0.6	5.9 ± 0.6	8.2 ± 1.2	7.1 ± 0.5		
Ct (mg/g)	68.2 ± 0.9	70.7 ± 4.3	73.0 ± 0.9	66.1 ± 2.3	69.5 ± 1.4	62.9 ± 8.7	66.4 ± 4.2	63.9 ± 2.4	60.2 ± 6.0		
Corg (mg/g)	61.5 ± 0.9	65.1 ± 4.6 ^a _b	67.4 ± 0.9 ^b	58.9 ± 1.8 ^a	62.5 ± 1.4 ^a _b	56.3 ± 9.1	60.5 ± 4.3	55.7 ± 2.6	53.1 ± 6.3		
Organische Subst. (%)	10.6 ± 0.2	11.2 ± 0.8 ^a _b	11.6 ± 0.2 ^b	10.2 ± 0.3 ^a	10.8 ± 0.2 ^a _b	9.7 ± 1.6	10.4 ± 0.7	9.6 ± 0.4	9.2 ± 1.1		
Nt (mgN/g)	5.8 ± 0.1	6.0 ± 0.4	6.5 ± 0.1	5.6 ± 0.2	6.0 ± 0.1	5.0 ± 0.9	5.4 ± 0.5	5.0 ± 0.4	4.6 ± 0.5		
Humusqualität (Corg/Nt)	10.7 ± 0.2	10.9 ± 0.1	10.4 ± 0.2	10.6 ± 0.2	10.5 ± 0.2	11.2 ± 0.3	11.1 ± 0.2	11.1 ± 0.3	11.5 ± 0.3		
P ₂ O ₅ – CAL (mg/100mg)	13.7 ± 0.1	11.6 ± 0.1 ^a	12.7 ± 0.7 ^a _b	15.2 ± 0.2 ^b	13.0 ± 0.5 ^a _b	7.4 ± 0.4	11.1 ± 1.2	9.4 ± 2.5	8.7 ± 3.1		
Gesam. P ₂ O ₅ (mg/100mg)	122.5 ± 3.5	123.3 ± 4.6	130.3 ± 5.4	124.0 ± 3.6	127.3 ± 1.9	101.3 ± 14.0	114.7 ± 7.7	110.0 ± 8.0	105.7 ± 10.1		
EW KAT-ZA (ml) VoIO	96.8 ± 0.1	96.5 ± 1.7 ^a _b	80.6 ± 8.5 ^b	111.6 ± 4.6 ^a	94.9 ± 4.3 ^a _b	93.1 ± 21.0 ^a	37.6 ± 5.1 ^b	119.0 ± 19.3 ^a	40.2 ± 5.4 ^b		
MW-Biomasse (µgC/gTS)	962.0 ± 317.1	502.8 ± 92.9 ^a	123.1 ± 79.2 ^b	545.0 ± 118.4 ^a	139.4 ± 165.8 ^b	978.4 ± 552.5 ^{ab}	189.7 ± 42.3 ^b	119.2 ± 134.3 ^a	198.6 ± 29.5 ^b		

TS: Trockenmasse; Canorg, Carbonat-C-Bestimmung; Ct, Gesamtkohlenstoff; Corg, organischer Kohlenstoff; Nt, Gesamtstickstoff; P₂O₅ – CAL, Pflanzenverfügbar Phosphor; Gesamt. P₂O₅, Gesamt-Phosphor; KAT-ZA, Mikrobielle Aktivität; MW-Biomasse, Mikrobielle Biomasse. Verschiedene Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede (*P* < 0,05).

Einfluss des winterlichen Ausgefrierens und des Sömmerns auf die Qualität von Teichböden (Versuchseinheit III: Teichparzellen). Gehalte und Anteile bezogen auf die Trockenmasse der Bodenproben.

Parameter	Datum										
	29.11.2016			30.03.2017				27.09.2017			
	Null Probe	Nass	Trocken	Nass und Kalk	Trock.und Kalk	Nass	Trocken	Nass und Kalk	Trock.und Kalk		
TM (%)	39.7 ± 1.3	39.5 ± 1.5	46.2 ± 12.7	39.1 ± 2.8	48.9 ± 11.8	30.0 ± 5.7	47.3 ± 13.2	26.9 ± 5.6	41.7 ± 14.5		
pH-Wert	7.3 ± 0.1	7.3 ± 0.1	7.3 ± 0.1	7.3 ± 0.1	7.3 ± 0.1	6.9 ± 0.2	6.9 ± 0.1	7.0 ± 0.1	6.8 ± 0.1		
Canorg (mg/g)	5.3 ± 1.5	2.9 ± 0.5 _{ab}	1.7 ± 0.4 _a	3.9 ± 0.4 _b	3.2 ± 0.9 _{ab}	2.3 ± 0.3 _{ab}	0.8 ± 0.4 _b	3.0 ± 0.9 _a	0.8 ± 0.3 _b		
Ct (mg/g)	76.5 ± 9.6	96.3 ± 3.8	63.8 ± 27.1	98.1 ± 8.7	73.8 ± 29.4	99.5 ± 15.6	53.4 ± 35.4	11.9 ± 13.3	90.0 ± 45.5		
Corg (mg/g)	71.1 ± 11.1	93.4 ± 3.3	62.0 ± 26.9	94.1 ± 8.4	70.6 ± 28.4	97.2 ± 15.5	52.6 ± 35.7	10.9 ± 14.1	89.3 ± 45.7		
Organische Subst. (%)	12.3 ± 1.9	16.1 ± 0.6	10.7 ± 4.6	16.2 ± 1.4	12.2 ± 4.9	16.7 ± 2.7	9.1 ± 6.2	18.8 ± 2.4	15.4 ± 7.9		
Nt (mgN/g)	6.5 ± 0.8	7.6 ± 0.5	4.7 ± 2.1	7.7 ± 0.7	5.6 ± 2.3	7.7 ± 1.3	4.0 ± 2.8	8.3 ± 0.9	6.9 ± 3.5		
Humusqualität (Corg/Nt)	11.0 ± 0.3	12.3 ± 0.4	13.3 ± 0.4	12.3 ± 0.1	12.8 ± 0.2	12.7 ± 0.1	13.5 ± 0.6	13.1 ± 0.4	13.1 ± 0.8		
P ₂ O ₅ – CAL (mg/100mg)	13.9 ± 0.5	9.8 ± 1.3 _{ab}	5.4 ± 2.0 _b	12.0 ± 1.5 _a	5.9 ± 1.9 _b	3.0 ± 0.6 _a	0.7 ± 0.4 _b	3.2 ± 0.6 _a	0.4 ± 0.4 _b		
Gesam. P ₂ O ₅ (mg/100mg)	125.5 ± 4.0	11.23 ± 11.0	78.3 ± 26.4	11.7.0 ± 12.1	87.3 ± 28.0	96.3 ± 11.0	48.0 ± 24.1	10.3.7 ± 5.3	79.0 ± 35.3		
EW KAT-ZA (ml) VoIO	103.2 ± 11.0	11.43 ± 4.5	98.5 ± 62.9	12.9.8 ± 2.7	75.0 ± 30.0	11.5.3 ± 4. ^{ab}	40.5 ± 28.1 ^b	14.8.5 ± 33.7 ^a	60.3 ± 41.0 ^{ab}		
MW-Biomasse (µgC/gTS)	1022.6 ± 24.7.5	12.8.2 ± 83.1	16.9.8 ± 83.7	20.1.0 ± 12.6.9	21.6.7 ± 60.2	12.99. ± 25.3.6 _a	32.2.3 ± 17.9.0 _b	14.56. ± 30.6.6 _a	46.4.2 ± 34.6.6 _b		

TS: Trockenmasse; Canorg, Carbonat-C-Bestimmung; Ct, Gesamtkohlenstoff; Corg, organischer Kohlenstoff; Nt, Gesamtstickstoff; P₂O₅ – CAL, Pflanzenverfügbar Phosphor; Gesam. P₂O₅, Gesamt-Phosphor; KAT-ZA, Mikrobielle Aktivität; MW-Biomasse, Mikrobielle Biomasse. Verschiedene Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede (P < 0.05).