

Vererdung von Klärschlamm mit Regenwürmern

Ergebnisse des Demonstrationsversuches und weiteres Konzept

Für die Stadt Visselhövede

24. Oktober 2019

Noke GmbH



MYNOKE[®]
we love soils

Inhalt

ZUSAMMENFASSUNG.....	2
AUSGANGSSITUATION UND ZIELSETZUNG	3
AUSBLICK.....	4
STANDORT.....	5
VERSUCHSPROTOKOLL	6
BEOBACHTUNGEN UND ERGEBNISSE	7
ANHANG PRÜFBERICHTE ANALYSEN	13

Zusammenfassung

Die Stadt Visselhövede entsorgt ihren Klärschlamm zurzeit nach vorheriger Vererdung in Schilfbeeten in Müllverbrennungsanlagen. Da der Klärschlamm in den Schilfbeeten nur minimal entwässert, wird dieser zwischengelagert und mit zugekauftem Strohhäcksel stabilisiert, um den Klärschlamm mit LKW transportfähig zu machen. Dieses Verfahren führt zu keiner Volumenverringern und ist langfristig kostenintensiv.

Die Stadt Visselhövede sucht daher nach alternativen Verfahren zur umweltfreundlichen, wertschöpfenden landbaulichen Verwertung ihres Klärschlammes. Die Vererdung mit Regenwürmern von Klärschlämmen stellt eine mögliche Alternative zur Verbrennung des Klärschlammes dar.

Der Demonstrationsversuch sollte zeigen

- Welches regional verfügbare organische Substrat - hier Rindermist und abgepresster Gärrückstand - als Kohlenstoffquelle für die Vererdung mit Regenwürmern geeignet ist.
- Die Eignung des nicht entwässerten Klärschlammes für die Vererdung mit Regenwürmern.
- Wie sich die Regenwurmpopulation über den Zeitraum entwickelt und vermehrt.
- In wie weit die Schwermetallgehalte im Endsubstrat verringert werden.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen:

- Der Rindermist mit hohem Strohanteil lässt sich besser mit dem wenig entwässerten Klärschlamm mischen. Nach dem Mischen mit dem Gärrückstand entsteht ein sehr feuchtes, dicht lagerndes Material.
- Über den feuchten und kalten Winter kam es zu keiner Entwicklung der Regenwurmpopulation. In der Variante mit Gärrückstand sind die Regenwürmer abgewandert. Bei der Rindermistvariante waren die Regenwürmer in diesem Zeitraum inaktiv.
- Im Frühjahr und Sommer entwickelten sich die Regenwurmpopulation in der Rindermistvariante oberflächennah sehr gut. Deutlich geringere Entwicklung in der Variante mit Gärrückstand.
- Die Sommertrockenheit und ein starker Unkrautbesatz haben die Beete sehr stark ausgetrocknet, sodass es zu einem Rückgang der Regenwurmpopulation kam.
- In beiden Varianten kam es zu einer deutlichen Reduzierung aller Schwermetallgehalte, die sich durch einen Verdünnungseffekt und Entzug durch die Regenwürmer erklären. Bei einer vollständigen Vererdung ist zu erwarten, dass sich die Schwermetallgehalte durch den Entzug durch die Regenwürmer weiter absenken.
- Pathogene wurden in der Rindermistvariante besser reduziert als in der Variante mit Gärrückstand.

Ausgangssituation und Zielsetzung

Die Stadt Visselhövede entsorgt ihren Klärschlamm zurzeit nach vorheriger Vererdung in Schilfbeeten in Müllverbrennungsanlagen. Da der Klärschlamm in den Schilfbeeten nur minimal entwässert, wird dieser zwischengelagert und mit zugekauftem Strohhäcksel stabilisiert, um den Klärschlamm mit LKW transportfähig zu machen. Diese Verfahren führt zu keiner Volumenverringerung und ist langfristig kostenintensiv.

Die Stadt Visselhövede sucht daher nach alternativen Verfahren zur umweltfreundlichen, wertschöpfenden landbaulichen Verwertung ihres Klärschlammes. Die Vererdung mit Regenwürmern von Klärschlämmen wird in großtechnischen Anlagen in Neuseeland seit über 10 Jahren erfolgreich durchgeführt. Hierbei kommt es zu:

- Volumenreduzierung,
- Wasserentzug,
- Reduzierung von Schwermetallen,
- Hygienisierung (Abtötung von Fäkalkeimen)

Der so produzierte Regenwurmhumus kann landbaulich verwertet werden, verbessert den Humusgehalt der Böden, führt zu einer Kohlenstoffanreicherung im Boden und kann so Treibhausgas-Emissionen aus Kläranlagen ausgleichen.

Ausblick

Der nur dürrtig entwässerte Klärschlamm aus den Schilfbeeten ist nur bedingt zur Vererdung mit Regenwürmern in den Wintermonaten geeignet.

Ein mechanisch entwässerter Klärschlamm mit Trockensubstanzgehalten von 25 bis 35% ließe sich mit hoher Bestimmtheit rascher mit Regenwürmern vererden als der momentane Klärschlamm.

Der Betrieb Clasen, welcher Rindermist und Gärrückstand zur Verfügung gestellt hat, hat Zugang zu einem beheizten Gewächshaus mit ausreichender Kapazität um seine anfallenden Gärrückstände, sowie den potentiellen mechanisch entwässerten Klärschlamm unter kontrollierten Bedingungen mit Regenwürmern im Winter zu vererden. Erste Versuche mit reinem Gärrückstand sind mit deutlich höheren Regenwurmpopulationen und Wachstumsraten positiver verlaufen als bei dem Freilandversuch im Winter in Visselhövede.

Sollte die Stadt Visselhövede wie im letzten Jahr den Klärschlamm in der Kläranlage mechanisch entwässern, kann dieser im Gewächshaus unter kontrollierten Bedingungen vererdet werden.

Standort

Der Demonstrationsversuch zur Vererdung von Klärschlamm wurde auf der versiegelten Fläche vor den Vererdungsbeeten nördlich der Kläranlage der Stadt Visselhövede durchgeführt. Siehe Markierung in Abbildung 1.



Abbildung 1: Lage der Versuchsflächen (roter Rahmen) zur Vererdung von Klärschlamm der Stadt Visselhövede.

Versuchsprotokoll

Table 1: Versuchsprotokoll – Vererdung von Klärschlamm der Stadt Visselhövede mit Regenwürmern.

Date	Task
26.10.2018	Versuch angelegt: • Zwei Varianten mit je einer Fläche von 3 x 5 m. • Variante 1 (links): 50 vol.-% Klärschlamm + 50 vol.-% abgepresster Gärrückstand. • Variante 2 (rechts): 50 vol.-% Klärschlamm + 50 vol.-% strohreicher Rindermist. • Die Anlage wurde einzäunt und mit einem Schild gekennzeichnet. • Proben vom Klärschlamm, Rindermist und Gärrückstand wurden genommen und zur Analyse verschickt. • Kompostwürmer eingesetzt
13.12.2018	Inspektion Versuchsfläche
17.01.2019	Inspektion Versuchsfläche
01.04.2019	Inspektion Versuchsfläche, zusätzliche Kompostwürmer eingesetzt
06.08.2019	Inspektion Versuchsfläche, Probennahme

Beobachtungen und Ergebnisse

26.10.2018	Versuchsanlage
Kriterium	Erläuterung
Rohstoffe	 <i>Abbildung 2: Klärschlammentnahme mit dem Bagger.</i>  <i>Abbildung 3: Rindermist und Gärrückstand zum Zumischen.</i>  <i>Abbildung 4: Mischen des Klärschlammes mit dem Gärrückstand.</i> Der Klärschlamm wurde im Verhältnis 1 + 1 mit Gärrückständen (Variante 1) und im Verhältnis 1 + 1 mit Rindermist (Variante 2) gemischt.

Fertige Versuchsanlage	 <i>Abbildung 5: Angelegte Veredungsbeete: Im Hintergrund Variante 1, Variante 2 im Vordergrund.</i> Die Versuchsanlage wurde mit einer Kette abgegrenzt und mit einem Informationsschild versehen.
Geruch	Bei Mischen wurden die typischen Gerüche wie Rindermist, Gärrückstand und Klärschlamm wahrgenommen. Nach dem Mischen und der Ablage im Beet war die Geruchsbelastung kaum wahrnehmbar.
Oberflächenabfluss	Die Versuchsfläche wurde so ausgewählt, dass weder Sickerwasser noch Oberflächenabfluss im Boden versickern kann.
Probennahme	Folgende Proben wurden genommen: Klärschlamm, Gärrückstand, Rindermist. Analysenergebnisse sind in der Anlage als Protokolle 1 bis 3 aufgeführt.

13.12.2018	Versuchsinspektion
	 <i>Abbildung 6: Versuchsanlage am 13.12.2018.</i>
Temperatur	Die Mischungen haben sich nicht erhitzt und waren entsprechend der Witterung kühl.
Feuchtigkeit	Durch die ergiebigen Niederschläge in den vergangenen Tagen waren beide Varianten sehr wasserhaltig. Insbesondere die Variante 1 mit Gärrückstand war stark wassergesättigt.
Regenwürmer	In Variante 1 wurden so gut wie keine Regenwürmer gefunden. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Regenwürmer auf Grund des hohen Wassergehaltes das Beet verlassen haben. In Variante 2 waren Regenwürmer unter der Oberfläche zu finden.  <i>Abbildung 7: Regenwurmbesatz in Variante 2 am 13.12.2018.</i>
17.01.2019	Im Zeitraum vom 13.12.2018 bis zum 17.01.2019 gab es keine deutlichen Veränderungen. Die kühle Witterung beeinträchtigte die Regenwurmaktivität.
01.04.2019	Mit dem Anstieg der Temperaturen war eine deutlich höhere Regenwurmaktivität in Variante 2 (Rindermist) zu finden. Kein nennenswerter Regenwurmbesatz in Variante 1 (Gärrückstand). In beiden Varianten wurden Regenwürmer zugesetzt.

06.08.2019	Versuchsinspektion und Probennahme
	 Abbildung 8: Vererdungsbeete mit starkem Meldebewuchs.
Feuchtigkeit	Der starke Unkrautbewuchs mit Melde hat bei Variante 1 (Gärrückstand) zu einem trockenen torfähnlichen Substrat geführt. Die Restfeuchtigkeit im Beet führte dazu, dass nur in der untersten Schicht Regenwürmer gefunden wurden, die sich hierher zurückgezogen haben.  Abbildung 9: Trockenes torfähnliches Substrat in Variante 1 (Gärrückstand).

	In Variante 2 (Rindermist mit Klärschlamm) war die Feuchtigkeit im Kernbereich des Beetes noch ausreichend für eine gute Regenwurmpopulation mit Kapseln und juvenilen Regenwürmern.  Abbildung 10: Starker Regenwurmbesatz in der noch feuchten Variante 2 (Rindermist).
Probennahme	Beide Varianten wurden beprobt und zur Analyse eingeschickt. Die Analysenprotokolle sind in Anhang 4 und 5 angefügt.
Schwermetalle	Bei beiden Varianten kam es zu einer deutlichen Abnahme aller Schwermetallgehalte wie in Tabelle 1 aufgeführt. Bei verbesserter Regenwurmaktivität ist zu erwarten, dass die Schwermetallgehalte durch den Entzug durch die Regenwürmer weiter abnehmen werden. In beiden Varianten wurden die Salmonellen abgetötet und Fäkalpathogene bei der Rindermistvariante durch die höhere Regenwurmaktivität deutlich starker reduziert.
Versuchsbeendigung	Da die Firma Ecoplant die Versuchsfläche beansprucht, wird der Versuch an dieser Stelle beendet.

Tabelle 1: Schwermetallgehalte (mg/kg) im Klärschlamm bei Versuchsbeginn und in den Substraten bei Versuchsende.

Schwermetall	Klärschlamm	Variante 1 Gärrückstand	Variante 2 Rindermist
Blei	36,9	22,6	19,7
Chrom	24,7	18,2	15,1
Kupfer	762	480	432
Nickel	17,0	12,4	10,4
Zink	820	623	596

Anhang Prüfberichte Analysen

Prüfbericht 1: Verwendeter Klärschlamm der Stadt Visselhövede

	Datum	21.12.2018
	Kundennr.	10048585

PRÜFBERICHT 1928316 - 543967

Auftrag	1928316 KS Visselhövede
Analysennr.	543967 Klärschlamm
Probeneingang	07.12.2018
Probenahme	04.12.2018
Probennehmer	Auftraggeber
Kunden-Probenbezeichnung	KSV Visselhövede Bezt 2

Grenze
 ABG/AV
 2017

Einheit	Wert i.d. OG	Wert i.d. TS	Bezt.-Gr.	DIN/ISO Methode
---------	--------------	--------------	-----------	-----------------

Physikalisch-chemische Parameter

ges.-Wert		7,8		3	DIN EN 15933 : 2012-11
Trockenrückstand	%	22,7		5,1	keine Angabe
Wassergehalt	%	77,3		5,1	Berechnung
Gehverl. (org. Substanz)	%	9,90	43,4	5,5	DIN EN 15169 : 2007-05

Pflanzennährstoffe

Gesamte Stickstoff (N)	%	0,49	2,16	0,01	DIN EN 13342 : 2001-01
Ammoniumstickstoff (NH ₄ -N)	%	0,09	0,40	0,01	DIN 38406-5-2 : 1983-10
Phosphat ges. (als P ₂ O ₅)	%	2,59	11,4	0,01	DIN EN ISO 11885 : 2006-09
Phosphor (P)	g/kg		49,8	0,04	Berechnung
Calcium ges. (als CaO)	%	1,26	5,54	0,1	DIN EN ISO 11885 : 2006-09
löslich wirksame Stoffe (CaO)	%	1,21	5,33	0,1	VDLUT A 8.2, 4.5.1 : 2008
Eisen (Fe)	mg/kg	17100	75600	1	DIN EN ISO 11885 : 2006-09

Kationen

Chrom VI	mg/kg	<0,23	<1,0	1	2	DIN 18734 : 1999-07-08
----------	-------	-------	------	---	---	------------------------

Summarische Parameter

AOX (Cl)	mg/kg		100	10	400	DIN 38414-18 : 1989-11
----------	-------	--	-----	----	-----	------------------------

Schwermetalle

Blei (Pb)	mg/kg	8,38	36,9	0,5	150	DIN EN ISO 11885 : 2006-09
Cadmium (Cd)	mg/kg	0,1945	0,86	0,25	1,5	DIN EN ISO 11885 : 2006-09
Chrom (Cr)	mg/kg	5,61	24,7	0,5		DIN EN ISO 11885 : 2006-09
Kupfer (Cu)	mg/kg	165	726	1	500	DIN EN ISO 11885 : 2006-09
Nickel (Ni)	mg/kg	3,86	17,0	0,5	60	DIN EN ISO 11885 : 2006-09
Quecksilber (Hg)	mg/kg	0,15	0,66	0,1	1	DIN EN 16175-1 : 2016-12
Zink (Zn)	mg/kg	180	820	1	4000	DIN EN ISO 11885 : 2006-09
Arten (As)	mg/kg	1	2	2	40	DIN EN ISO 12042 : 2017-01
Thallium (Tl)	mg/kg	<0,0	<0,2	0,2	1	DIN EN ISO 12042 : 2017-01

Prüfbericht 2: Verwendeter Gärrückstand Betrieb Clasen

				Datum	12.11.2018
				Kundennr.	10048565
PRÜFBERICHT 864155 - 819265					
Auftrag	864155 IGLU / 831				
Analysenr.	819265 Gärprodukt				
Probeneingang	06.11.2018				
Probenahme	26.10.2018				
Probennehmer	Auftraggeber				
Kunden-Probenbezeichnung	Nr. 2 Gr Clasen Gärrest				
	Einheit	Wert 1	Wert 2	Wert 3	Bemerkung Methode
Chemische Parameter					
Salzgehalt (Wasserauszug 1:5)	g/KCl	7,87			EN 13936 / DIN EN 13936 : 2013-01
pH-Wert (CaCl ₂)		7,7			Methodenbuch der BOK : 2013-05
Physikalische Parameter					
Rohdichte (Volumengewicht)	g/l	1000			Methodenbuch der BOK : 2008-08
Trockensubstanz	%	17,6			Berechnung
Wassergehalt	%	82,4			Methodenbuch der BOK : 2008-08
Bodenverbesserung					
Kohlenstoff (C) gesamt (TC)	%	7,13	40,6		DIN EN 15936 : 2013-11 (Gummi)
Organische Substanz	%	13,5	76,5		Methodenbuch der BOK : 2013-05
Pflanzernährstoffe					
Gesamtstickstoff (N)	%	0,58	3,28		Methodenbuch der BOK : 2008-08
Ammoniumstickstoff (NH ₄ -N)	%	0,12	0,67		DIN 35405-5-2 : 1983-10
Phosphat gesamt (P ₂ O ₅)	%	0,616	3,59		DIN EN ISO 11895 : 2006-09
Kalium gesamt (K ₂ O)	%	0,808	4,59		DIN EN ISO 11895 : 2006-09
Magnesium gesamt (MgO)	%	0,31	1,75		DIN EN ISO 11895 : 2006-09
Calcium (CaO)	%	0,50	2,84		DIN EN ISO 11895 : 2006-09
Schwefel (S) Gesamtgehalt	%	0,13	0,72		DIN EN ISO 11895 : 2006-09
Stickstoff CaCl ₂ -löslich (N)	mg/100g	72,2			Methodenbuch der BOK : 2008-08
Ammonium (NH ₄ -N) (CaCl ₂)	mg/100g	49,8			Methodenbuch der BOK : 2008-08
Nitrat (NO ₃ -N)	mg/100g	22,4			Methodenbuch der BOK : 2008-08
Natrium (Na)	mg/kg	500	2840		DIN EN ISO 11895 : 2006-09
Potenzielle Schadstoffe					
Blei (Pb)	mg/kg	<0,00	<0,00		DIN EN ISO 17294-2 : 2011-01
Cadmium (Cd)	mg/kg	0,04	0,24		DIN EN ISO 17294-2 : 2011-01
Chrom (Cr)	mg/kg	0,962	5,41		DIN EN ISO 17294-2 : 2011-01
Nickel (Ni)	mg/kg	0,616	3,59		DIN EN ISO 17294-2 : 2011-01
Quecksilber (Hg)	mg/kg	0,01	0,03		DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Sonstige Untersuchungsparameter					
Kupfer (Cu)	mg/kg	10,5	59,5		DIN EN ISO 17294-2 : 2011-01
Zink (Zn)	mg/kg	45,4	258		DIN EN ISO 17294-2 : 2011-01
Vorbehandlung					
Königswasseraufschluß					DIN EN 13657 : 2003-01

Prüfbericht 3: Verwendeter Rindermist Betrieb Clasen

	Datum	13.11.2018
	Kundennr.	10048585

PRÜFBERICHT 1923975 - 525553

Auftrag	1923975
Analysenr.	525553 Mist
Probeneingang	02.11.2018
Probenahme	26.10.2018
Probennehmer	Auftraggeber (C. Meyer)
Kunden-Probenbezeichnung	Nr. 4 Mist Clausen

	Einheit	Wert: d.TS	Einheit	Wert: d.OG	Methode
Physikalisch-chemische Parameter					
pH-Wert				8,4	DIN EN 15933 : 2012-11
Trockenrückstand	%		%	21,3	keine Angabe
Grünfverlust (org. Substanz)	%	84,4	kg/T	180	DIN EN 15169 : 2007-05
Pflanzennährstoffe					
Schwefel (S)	%	0,30	kg/T	0,64	DIN EN ISO 11885 : 2009-09

Erklärung: Substanz: OG=Originalsubstanz, TS=Trockensubstanz
 Beginn der Prüfungen: 02.11.2018
 Ende der Prüfungen: 13.11.2018

Prüfbericht 4: Vererdung Variante 1 (Gärrückstand)

Datum 22.08.2019
Kundennr. 20109931

PRÜFBERICHT 1974084 - 659898

Auftrag 1974084 vererdeter Klärschlamm
Analyseanr. 659898 Klärschlamm
Probeneingang 12.08.2019
Probenahme ohne Angabe
Probennehmer Auftraggeber
Kunden-Probenbezeichnung Probe 2

Grenze
AMK/AV
2017
DWA 2012
i.d. TS Methode

	Einheit	Wert i.d. OS	Wert i.d. TS	Bear.-Gr.	i.d. TS	Methode
Physikalisch-chemische Parameter						
Trockenrückstand	%	41,4		0,1		DIN EN 12880 : 2001-02
Wassergehalt	%	58,6		0,1		Berechnung
Probenvorbereitung						
Mikrowellenaufschluss						DIN EN 16134 (verfahren B) 2015-11
Schwermetalle						
Blei (Pb)	mg/kg	9,34	22,6	0,5		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Cadmium (Cd)	mg/kg	0,29	0,79	0,20		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Chrom (Cr)	mg/kg	7,54	18,2	0,5		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Kupfer (Cu)	mg/kg	199	488	1		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Nickel (Ni)	mg/kg	5,14	12,4	0,5		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Quecksilber (Hg)	mg/kg	0,27	0,65	0,1		DIN EN 16175-1 : 2016-12
Zink (Zn)	mg/kg	258	623	1		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Hygiene						
Fäkaliformen (Bakterien) (MPN)	KSE/g	9400		10		Methodenbuch der BGR Kapitel 75 C : 2008-0808
Salmonellen *	in 50-g	nicht nachgewiesen		1	n.N.	Kapitel IV, G 1, Methodenbuch der BGR

Erläuterung: Substanz: OS=Originalsubstanz; TS=Trockensubstanz
*) Vorgabe an ein akkreditiertes Analyse-Gruppen-Labor

Prüfbericht 5: Vererdung Variante 2 (Rindermist)

Datum: 22.08.2019
Kundennr.: 20109931

PRÜFBERICHT 1974084 - 659892

Auftrag: 1974084 vererdeter Klärschlamm
Analyse-nr.: 659892 Klärschlamm
Probeneingang: 12.08.2019
Probenahme: ohne Angabe
Probennehmer: Auftraggeber
Kunden-Probenbezeichnung: Probe 1

Gründe
AMG/AV
2017
DIN EN 12180
i.d. TS Methode

	Einheit	Wert i.d. OS	Wert i.d. TS	Best.-Gr.	i.d. TS	Methode
Physikalisch-chemische Parameter						
Trockenrückstand	%	40,5		0,1		DIN EN 12180 : 2001-02
Wassergehalt	%	59,5		0,1		Berechnung
Probenvorbereitung						
Mikrowellenaufschluss						DIN EN 15174 (Vorstufe B) 2012-11
Schwermetalle						
Blei (Pb)	mg/kg	8,00	19,7	0,5		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Cadmium (Cd)	mg/kg	0,20	0,61	0,20		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Chrom (Cr)	mg/kg	6,11	15,1	0,5		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Kupfer (Cu)	mg/kg	175	432	1		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Nickel (Ni)	mg/kg	4,22	10,4	0,5		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Quecksilber (Hg)	mg/kg	0,14	0,35	0,1		DIN EN 15175-1 : 2016-12
Zink (Zn)	mg/kg	241	596	1		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Hygiene						
Fäkaliformen (Bakterien) (MPN)	KSE/g	425		10		Methodenbuch der BGR Kapitel IV, C : 2008-08-08
Salmonellen *	in 50-g	nicht nachgewiesen		1	n. n.	Kapitel IV, C 1, Methodenbuch der BGR

Erklärung: Substanz: OS=Originalsubstanz, TS=Tropfensubstanz
*) Vorgabe an ein akkreditiertes Analyse-Labor