

Projekt „Einsparung von Treibhausgasen durch Wurmkompostierung von Tiermist. Entwicklung eines natürlichen Bodenverbessers“

Ziele:

- Entsorgung von Tiermist und Verhinderung von Nitratanreicherungen im Grundwasser
- Verhinderung der Treibhausgasentwicklung (insbesondere Distickstoffmonoxid sowie Methan) durch schnelle Umwandlung von Tiermist (hauptsächlich Pferdemist)
- Produktion eines natürlichen Düngemittels (Bodenverbesserer)

gUG Umweltschutz und Lebenshilfe

Dr. Kai Behncke

Am Wulberg 15

49324 Melle

<http://umweltschutz-und-lebenshilfe>

info@umweltschutz-und-lebenshilfe.de

Tel.: 0176-84019660

Motivation und Ausgangslage

Bereits seit Frühjahr 2015 werden von uns unterschiedliche Biomüll-Verwertungsstationen betrieben und kontinuierlich neue Techniken ausprobiert (siehe dazu auch: <http://www.noz.de/lokales/melle/artikel/607005/westerhausener-stellt-begehrten-humus-her#gallery&0&0&607005> sowie <https://schrotundkorn.de/ernaehrung/lesen/unter-dem-asphalt.html>). Mittlerweile liegt der Fokus auf der Wiederverwertung und „Veredelung“ von Tiermist des von uns betriebenen kleinen Gnadenhofes Brödel Melle (<http://gnadenhof-melle.de>). Hierzu wird mittlerweile auf ca. 30 m² eine Wurmkompostieranlage betrieben.

Die Thematik „Wurmzucht“ bzw. „Wurmkompostierung“ ist ein Bereich, welche auch im Jahre 2017 noch oftmals (zu Unrecht) belächelt wird. Dabei genießt dieser Sektor etwa seit den 70er Jahren insbesondere im Bio-/Öko-Landbau eine hohe Beachtung. In der Wissenschaft existieren mittlerweile Publikationen im vierstelligen Bereich zu diesem Thema. Schon Charles Darwin hob den expliziten Nutzen dieser Tiere für einen gesunden Boden hervor. Bei Graff ist zu lesen: *„Es besteht kein Zweifel, dass man Regenwürmer in vielerlei Weise nutzbringend einsetzen oder verwerten kann und dass sie geeignet sind, nach den Bienen ein weiteres Nutztier unter den Wirbellosen zu werden.“* (Graff 2003, S.4)

Dennoch werden sog. „Vermikulturen“ trotz einer massiven Bodendegradation und hoher Treibhausgase in der Landwirtschaft noch nicht breitenwirksam eingesetzt.

Schädliche Treibhausgase entstehen bekanntermaßen durch unterschiedliche Wirtschaftszweige bzw. gesellschaftliche Verhaltensweisen. Ein nicht zu unterschätzender Sektor im Stadt- bzw. Gemeindegebiet von Melle ist der Sektor der Pferdehaltung. Gemäß Meller Kreisblatt vom 16.09.2016 befinden sich im Umkreis von Melle über 40 Reiterhöfe. Wissenschaftlich belegt ist, dass trotz partieller Verwendung in Biogasanlagen, die Entsorgung des anfallenden Pferdemistes oftmals ein Problem darstellt. *„Da die Pferde in der Regel auf spezialisierten Betrieben mit einer geringen Flächenausstattung gehalten werden, stellt die Verwertung des produzierten Mistes häufig ein erhebliches Problem dar. Aufgrund des hohen Anteils an Einstreu ist eine Ausbringung auf Grünland ohne ausreichende Rotte nicht möglich. Bedingt durch den geringen Düngewert des Pferdemistes ist die Verwertung im Pflanzenbau schwierig. Daher ist in vielen pferdehaltenden Betrieben inzwischen ein Verwertungsproblem mit zum Teil erheblichen Entsorgungskosten entstanden. Eine energetische Verwertung des Pferdemistes konnte sich trotz des kontinuierlichen Anfalls, der guten Verfügbarkeit und geringer Kosten bis heute nicht etablieren“* (Mönch-Tegeder 2014, S.2).

Durch eine unsachgemäße Verwertung bzw. Lagerung von Pferdemist (und Tiermist im Allgemeinen) kann es zu einer Überdüngung des Bodens und einer Verunreinigung des Trinkwassers durch Nitrate kommen. Das Trinkwasser in einigen Teilen Melle ist nicht zuletzt durch eine intensive Landwirtschaft beeinträchtigt (siehe Weblink <http://www.noz.de/lokales/melle/artikel/722850/hohe-nitratwerte-bis-in-100-meter-tiefe-in-melle>). Dieses ist kein typisches „Melleraner Problem“ sondern ist als eine bundesweite Herausforderung landwirtschaftlich geprägter Regionen anzusehen.

Nicht nur die Einsickerung landwirtschaftlicher Reststoffe (Gülle in den Boden) sondern insbesondere der Austritt klimaschädlicher Treibhausgase (Ausgasung von Tiermist) ist hochproblematisch. Zu nennen sind hier insbesondere Distickstoffmonoxid und Methan (vgl. Mönch-Tegeder et al. 2013). Dieser Herausforderung wird teilweise dadurch entgegen getreten, dass Pferdemist in Biogasanlagen anaerob verwertet wird. Aufgrund seiner schlechten diesbezüglichen Nutzbarkeit stellt Pferdemist jedoch nur einen geringen Anteil der dort verwerteten Feststoffe dar (vgl. Mönch-Tegeder 2014). Eine nicht zu vernachlässigende Menge wird daher zunächst in klassischer Form „abgelagert“ und verursacht während des aeroben Verrottungsprozess hohe Mengen der genannten Treibhausgase. Landwirtschaftliche „Nebenprodukte“ machen aktuell etwa 12,5 % der Gesamtheit der Treibhausgas-Emissionen aus. Dabei ist zu betonen: In Tiermist vorkommendes Methan (CH₄) trägt aufgrund seiner hohen Wirkung (25-mal so wirksam wie CO₂) (Solomon et al. 2007) mit rund 20 % zum anthropogenen Treibhauseffekt bei.

Distickstoffmonoxid (Lachgas) (N_2O) ist ein mit Tiermist direkt in Verbindung stehendes Treibhausgas, dessen Treibhauswirksamkeit etwa 298-mal so groß ist wie die von CO_2 (Solomon et al. 2007). Im Kyoto-Protokoll wurde 1997 beschlossen, dass insbesondere die Produktion von Methan und Distickstoffmonoxid zu reduzieren ist.

Auch Ammoniak ist als „Problemgas“ zu nennen, welches aus Düngestoffen entweicht.

Gemäß Deutscher Reiterlicher Vereinigung (2016) werden in Deutschland aktuell etwa 1,1 Millionen Pferde und Ponys gehalten. Die Pferdepopulation hat sich in Deutschland in den vergangenen 40 Jahren etwa vervierfacht. Nach Häußermann et al. (2002) ist pro Pferd mit einer Mistmenge zwischen 17 und 21 Tonnen zu rechnen. Dieses bedeutet, dass in Deutschland etwa 20.900.000 Tonnen Pferdemist pro Jahr anfallen.

Das Umweltbundesamt (2017) schreibt: *„Die Landwirtschaft in Deutschland trägt maßgeblich zur Emission klimaschädlicher Gase bei. Dafür verantwortlich sind vor allem Methan-Emissionen aus der Tierhaltung, das Ausbringen von Wirtschaftsdünger (Gülle, Festmist) sowie Lachgas-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden als Folge der Stickstoffdüngung (mineralisch und organisch).“*

Der Einsatz von Pferdemist als Dünger ist differenziert zu betrachten. Wird dieser gemeinsam mit einer Einstreu (Stroh, Sägespäne) für eine Düngung genutzt, so ist der Nutzen aufgrund des schlechten C/N-Verhältnisses (Gewichtsanteile von Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N)) nicht besonders hoch. Wird dagegen „alleiniger“ Pferdemist eingesetzt, so können gute Ergebnisse erzielt werden. Dieses trifft jedoch nur dann zu, wenn dieser hinreichend abgelagert wurde (und in eben dieser Zeit Treibhausgase ausstößt). Ansonsten können Pflanzenwurzeln irreversibel geschädigt werden.

Wissenschaftlich nachgewiesen ist, dass der Großteil des Distickstoffmonoxids (etwa 95%) bei Pferdemist erst nach einer längeren Lagerungszeit entweicht (vgl. dazu He et al. 2001). Romano et al. (2006) weisen auf einen unkontrollierten Austritt von Methan während der Lagerung hin.

Unsere Thesen: *a) Eine schnelle Zersetzung und Verarbeitung von Tiermist (insbesondere Pferdemist) durch Regenwürmer reduziert den Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase und reduziert zudem die Gefahr einer Nitratanreicherung im Grundwasser.*

b) Durch eine Verarbeitung von Tiermist durch Regenwürmer lässt sich auf natürliche Art, mit geringen Kosten, ein hervorragender natürlicher Dünger/Bodenverbesserer produzieren.

Die Produktion eines Alternativdüngers ist schon deswegen wichtig, weil viele herkömmliche Dünger leicht löslichen Stickstoff oder Phosphate enthalten, welche in das Grundwasser einsickern oder einen Boden „überfüttern“ können. Dieses kann den natürlichen Bodenhaushalt nachhaltig schädigen. Bedenklich sind zudem Torfdünger, da diese nachhaltige Biotope durch den Abbau des Torfes irreversibel zerstören.

Projektaufbau

Der Gnadenhof „Brödel“ in Melle besteht aktuell aus drei gepachteten Flächen mit insgesamt 11.000 m². Hier tummeln sich Ponys, Schafe und Ziegen (und zu Ende 2017 noch diverse Kleintiere wie Hühner, Enten, Kaninchen, Meerschweinchen etc.). Der anfallende Tiermist wird mehrfach innerhalb der Woche zwecks Weidehygiene und Krankheitsvermeidung abgetragen und beträgt pro Monat einen Umfang von etwa 500 Litern Feststoffe. Zwar ist dieses im Vergleich zu klassischen Pferdehöfen marginal, dennoch ist es wichtig das Problem schon „im Kleinen“ anzugehen, um es „ins Große“ transformieren zu können.

Um diesen Tiermist schnell umwandeln zu können haben sich zwei unterschiedliche Mistwurmartarten etabliert: *Eisenia foetida* (Abbildung 1) sowie *Eisenia hortensis* (auch als *Dendrobena Veneta* bekannt)

Diese zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:

- Hohe Fortpflanzungsrate
- Schnelles Wachstum
- Hohe Boden- und Temperaturtoleranz
- Hohe Futterverwertung und damit hohe Humusproduktion

Abbildung 1: *Eisenia foetida*



Quelle: Wikipedia

Damit die Wurmartarten nicht aufgrund des hohen Ammoniakgehaltes unweigerlich sterben wird der Tiermist (insbesondere der Pferdemit) zunächst etwa 2-3 Wochen abgelagert. Anschließend wird dieser (teilweise zusammen mit Stroh oder Heuresten) auf die Wurmfarm gebracht.

Ein Film zu unserer Wurmfarm findet sich auf

<https://www.youtube.com/watch?v=ZDIJDwzpY6Q>

Die Wurmfarm ist mittlerweile etwa 30 m² groß. Auf einer Höhe von etwa 45 cm werden hier tierische Abfallprodukte, Pflanzenverschnitt, Gemüsereste und auch Zellstoffe ohne Farbaufdrucke (z.B. Pappe) verarbeitet. Zu dem „Reststoffgemisch“ wird zudem ein Anteil Erde hinzugegeben (etwa 40 % der Gesamtmenge). Zum Boden ist die Wurmfarm mit dicken Plastikplanen abgesichert, damit kein Wasser versickert. Für die Tiermistverarbeitung wurden zunächst (März 2017) etwa 10.000 Mistwürmer gekauft (monetärer Wert etwa bei 300 Euro). Zum jetzigen Stand (September 2017) liegt die Anzahl bei (geschätzt) etwa 75.000 Würmern. Diese fressen und verarbeiten den Tiermist, wobei eine Fülle von Klein- und Kleinstorganismen bei der Umarbeitung helfen. Die Verarbeitung funktioniert (je nach Anzahl der Würmer) relativ schnell. Eine „gut geführte“ Wurmfarm ist in der Lage, pro m² bis zu etwa 7000 Würmer „zu beherbergen“. Da unser Projekt noch (!) relativ wenige Verwerter integriert (im Frühjahr 2018 aber dürften es ca. 200.000 Würmer sein) wird der Tiermist aktuell innerhalb von 2-3 Monaten umgewandelt. Es entsteht feinkörniger Wurmhumus, welcher dann von uns manuell abgesiebt wird.

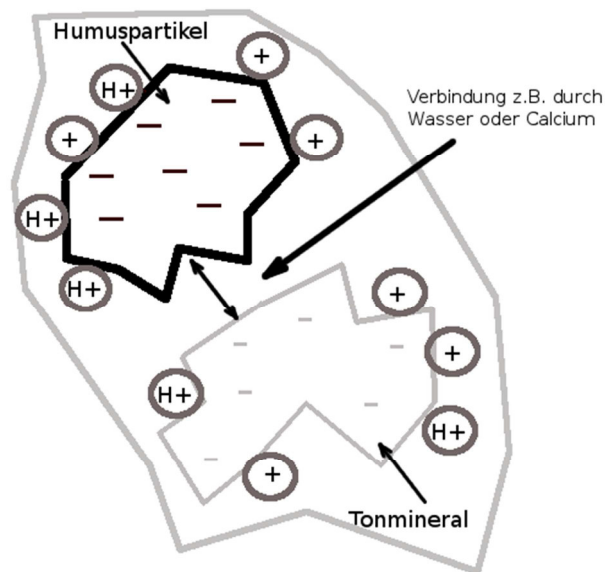
Wurmhumus ist wissenschaftlich dafür bekannt, einige ausgezeichnete Eigenschaften für den Pflanzenbau aufzuweisen (abhängig natürlich auch von dem verarbeiteten Material).

Durch die Nahrungsaufnahme der Regenwürmer ist eine Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit bedingt. Abgestorbenes organisches Material, welches bereits durch Mikroorganismen „bearbeitet“ wurde, wird gefressen. Zugleich wird dabei mineralisches Bodenmaterial aufgenommen. Während der Verdauungstätigkeit werden organische und mineralische Bestandteile gemischt (Sand und Nahrungsbrocken werden im Muskelmagen zerrieben) und schließlich als nährstoffhaltiger Kot ausgeschieden.

Die Durchmischung von Regenwurmkot und Bodenmaterial führt also zu stabilen Krümelaggregaten im Boden, welche die Nährstoffversorgung, Nährstoffspeicherung und Lockerung des Bodens fördern (vgl. Dunger 1964, S. 79 ff.).

Durch die Verdauung großer Mengen organischen Materials, Bildung von sog. Ton-Humus-Komplexen (siehe Abbildung 2) und stabilen Bodenkrümeln innerhalb der Ausscheidungen sowie Förderung der mikrobiellen Aktivität besitzen Regenwürmer eine herausragende bodenbiologische Bedeutung.

Abbildung 2: Ton-Humus-Komplex



Quelle: Eigene Darstellung

Ein Ton-Humus-Komplex stellt das Verhältnis von Tonmineralien und Huminstoffen dar. Die Tonminerale und auch die Humusteilchen (Huminsäurereste) sind elektrisch negativ geladen. Daran lagern sich somit z.B. positiv geladene Nährsalzionen (+) oder Säuren (H^+) an. Nährstoffe werden also nicht durch Regengüsse einfach in tieferen Schichten ausgewaschen sondern zu gegebener Zeit von den Pflanzen durch einen Ionenaustausch aufgenommen. Auch Wasser wird durch seine elektrischen Eigenschaften an diese Komplexe gebunden. Dieses ist gleichzeitig ein Grundwasserschutz, da Nährstoffe/Nitrate nicht mehr so leicht in dieses hineinsickern können.

Die stabilen Krümelaggregate sorgen zudem dafür, dass der Boden sehr aufgelockert wirkt und einen guten „Zusammenhalt“ hat, also nicht einfach durch Wind oder Regen eine Bodenerosion stattfindet. Je nach Ausgangsmaterial („Futter“) werden zudem Düngerqualitäten (nach Deutscher Düngemittelverordnung) erreicht.

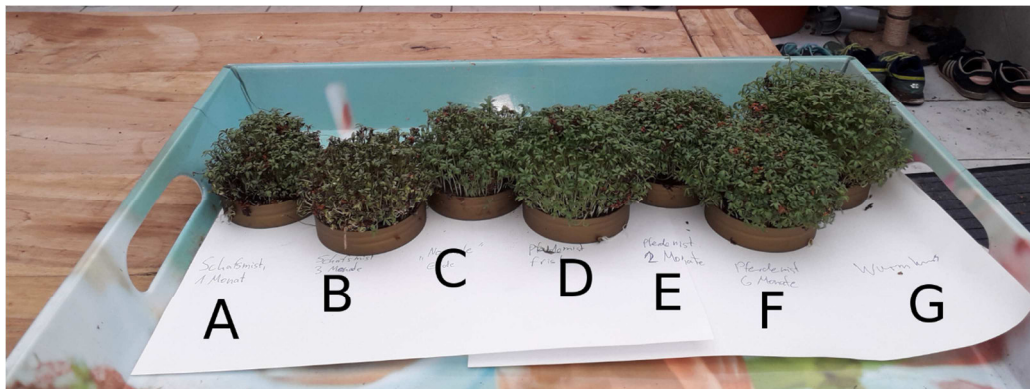
Berichtet wird zudem, dass Wurmhumus (produziert aus tierischen Abfallprodukten) oftmals mehr Mineralstoffe aufweist, als kommerzieller Pflanzendünger (Arancon & Edwards 2005). Orozco et. al. wiesen 1999 nach, dass „Kaffeeprütt“, durch den Mist- oder Kompostwurm zu Wurmhumus verarbeitet, einen deutlich höheren Phosphor-, Kalzium und Magnesiumgehalt als der Ausgangsboden aufweisen kann. Wurmhumus ist zudem reich an Enzymen und Mikroorganismen (und damit auch an wachstumsfördernden Ausscheidungsstoffen von Mikroorganismen), Bakterien und Pilzen. Diese sind eminent wichtig für die Zersetzung biologischer Masse (Bruksch & Rimpau 2013). Es sind also nicht nur die Nähr- und

Mineralstoffe innerhalb des Regenwurmhumus sondern insbesondere auch die überdurchschnittliche hohe Zahl von Kleinstlebewesen, welche Wurmhumus so wertvoll machen. Wurmhumus weist einen hohen Anteil an Humin- und Fulvosäuren auf sowie große Mengen des Bakteriums *Pseudomonas fluorescens* (hilfreich gegen verschiedene Pilzkrankheiten des Bodens). Verglichen mit nicht durch Würmer verarbeitetem Boden ist der Wurmhumus etwa 1,3 bis 1,5 mal reicher an organischem Kohlenstoff und Stickstoff (vgl. Badhauria, Saxena 2010). Zudem kann Wurmhumus bei der Zucht eine beträchtliche Menge an Wurmkokons enthalten. Auch diese dienen einer besonderen Aufwertung des Bodens. Bekannt ist, dass mittlerweile verschiedene natürlich orientierte Gartenbaufirmen im Frühling eine große Menge an Wurmkokons in ihre Felder und Gewächshäuser einstreuen, um somit eine natürliche Bodenaufwertung zu fördern. So setzt beispielsweise die *Westhof Bio Unternehmensgruppe* Regenwurmkokons zur Bodenverbesserung ein (400.000 Stück werden zu Saisonbeginn „ingesät“).

Nachgewiesen wurde auch, dass schon geringe Mengen an Wurmhumus (bis etwa 10 % Bodenanteil) beträchtliche Wachstumsschübe mit sich bringen (Arancon & Edwards 2005). Als allgemeine Regel sollte Erde mit zehn bis zwanzig Prozent Wurmhumus angereichert werden.

Mit unterschiedlichen Mistformen sowie Kresse haben wir den klassischen „Kressetest“ durchgeführt (Abbildung 3 + 4).

Abbildung 3: Wachstum von Kresse auf unterschiedlichen Proben nach 7 Tagen



Legende:

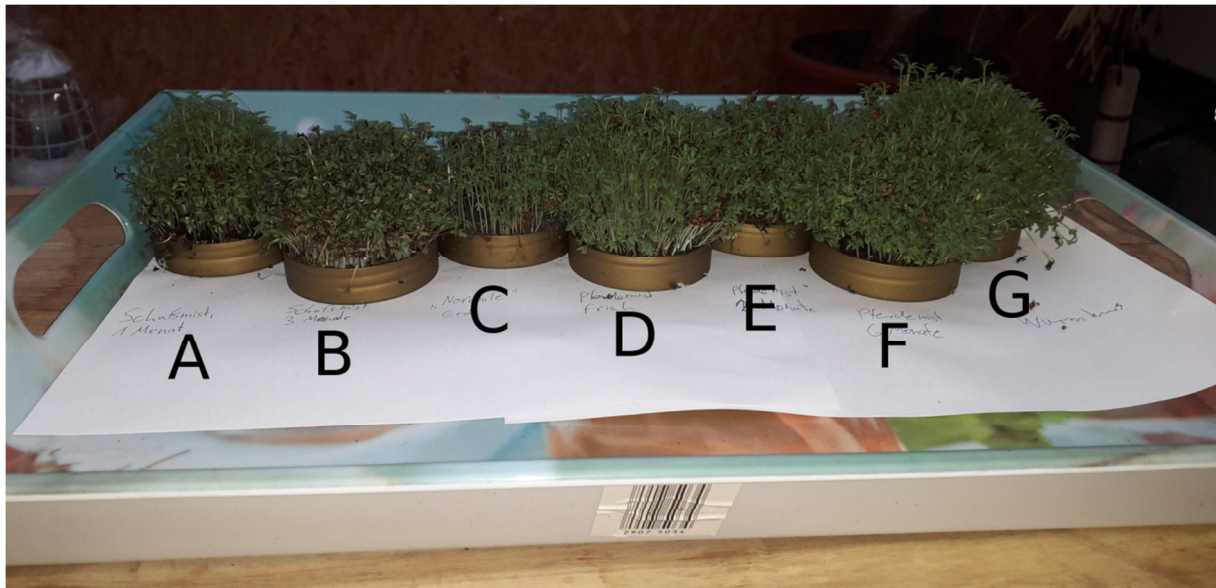
- A= Schafs- und Ziegenmist (1 Monat abgelagert) [keine Wurmverarbeitung]
- B= Schafs- und Ziegenmist (3 Monate abgelagert) [keine Wurmverarbeitung]
- C= „Normale“ Erde [keine Wurmverarbeitung]
- D= Frischer Pferdemit [keine Wurmverarbeitung]
- E= Pferdemit (2 Monate abgelagert) [keine Wurmverarbeitung]
- F= Pferdemit (6 Monate abgelagert) [keine Wurmverarbeitung]
- G = Wurmhumus

Für den Kressetest wurden alle Proben mit der gleichen Menge Wasser befeuchtet. Auch die Anzahl der Kressesamen ist identisch.

Das Ergebnis zeigt, dass Schafs- und Ziegenmist eine geringe Wachstumsförderung bei Kresse bewirkt. Auch „normale Erde“ (nicht durch Düngestoffe angereichert (C)) weist ein unterdurchschnittliches Kresse-Wachstum im Gesamtvergleich auf. Deutlich höher ist dieses bei frischem Pferdemit (D), welcher jedoch aufgrund eines hohen Ammoniakgehaltes in dieser Form nicht für eine Düngung geeignet ist. Etwas geringer ist das Kressewachstum bei 2 Monate abgelagertem Pferdemit (E). Probe F (6 Monate abgelagerter Pferdemit) weist genau wie D ein sehr üppiges Wachstum auf. Der schnellste Wuchs jedoch ist bei Probe G (Wurmhumus) zu verzeichnen (etwa 1 Zentimeter höher als Schaf-/Ziegenmist).

Auch nach 9 Tagen sind diese Wachstumsunterschiede gut zu erkennen (Abbildung 4).

Abbildung 4: Wachstum von Kresse auf unterschiedlichen Proben nach 9 Tagen



In einem weiteren Versuch wurden 1000 Liter Pferdemit in einem IBC Regenwassertank gelagert (nach oben offen, damit es hineinregnen kann). Nach 4 Monaten hatte sich die Höhe des Mistes durch eine Verrottung um etwa 25% reduziert.

Die gleiche Menge Pferdemit wurde in einem zweiten Regenwassertank gelagert, wobei hier 5000 Mistwürmer und etwa 200 Liter Erde hinzugefügt werden. Trotz des insgesamt höheren Volumens reduzierte sich hier die Stoffhöhe um nahezu 50 %.

Fazit und Ausblick

Feststellung 1: Auf einfache Art und Weise kann aus anfallenden Tiermistsorten mit geringem monetären und zeitlichem Aufwand ein hervorragender Bodenverbesserer geschaffen werden, welcher zudem durch seine Ton-Humus-Kolloide die Auswirkungen von Starkregen reduziert.

Feststellung 2: Das Volumen des Tiermistes reduziert sich signifikant durch den Einsatz von Mistwürmern (im Vergleich zum „Nicht-Einsatz“). Die „Verarbeitung“ findet somit deutlich schneller statt. Es ist zu vermuten, dass ein geringeres Volumen auch gleichbedeutend mit einer geringeren Emission von Treibhausgasen ist.

Um dieses wissenschaftlich belegen zu können soll im Jahre 2018 versucht werden, empirische Feldversuche mit der Universität Osnabrück durchzuführen. Das Ziel ist es, genau quantifizieren zu können, wie hoch die Emissionen (z.B. Methan, Distickstoffmonoxid) bei Pferdemist nach unterschiedlichen Zeiträumen mit bzw. ohne Wurmverarbeitung sind.

Unser Ziel ist es zudem, noch deutlich mehr Menschen davon zu überzeugen, dass eine sinnvolle Tiermistverwertung bei sehr geringen Investitionskosten stattfinden kann. Dazu nutzen wir beispielsweise verschiedene Webseiten oder aber veröffentlichen von Zeit zu Zeit Artikel in der Presse. Im Frühjahr 2018 werden wir versuchen, den Wurmhumus günstig zu verkaufen. Dieses soll nicht nur Einnahmen (insbesondere für den Gnadenhof) generieren sondern auch demonstrieren, wie einfach es ist, natürlichen Dünger zu produzieren.

Literatur

Arancon N.Q.; Edwards, C.A. (2005): „Effects of vermicomposts on plant growth“.Paper presented during the International Symposium Workshop on VermiTechnologies for Developing Countries (ISWVT 2005), Los Banos, Philippines November 16-18, 2005

Badauria T.; Saxena K. G. (2010): Role of Earthworms in Soil Fertility Maintenance through the Production of Biogenic Structures. In: Applied and Environmental Soil Science. S. 1-8

Bruusch, L.; Rimpau, J. (2013): Kompost aus der Kiste. Wurmboxen für den Hausgebrauch selber bauen. Stuttgart.

Buch, W. (1986): Der Regenwurm im Garten. Stuttgart

Deutsche Reiterliche Vereinigung (2016): FN aktuell. Offizielle Pressemitteilung der Deutschen Reiterlichen Vereinigung e.V., Mai 2016

Dunger, W. (1964): Tiere im Boden. Wittenberg

Graff; W. (2003): „Regenwürmer“, in: Ökoportrait 35, NVN/BSH, Beilage zu Natur und Kosmos. München. S.1-4

He, Y.; Yuhei, I.; Mizuochi, M.; Kong, H.; Iwami, N.; Sun, T. (2013): “Nitrous Oxide Emissions from Aerated Composting of Organic Waste” *Environ. Sci. Technol.*, 2001, 35 (11), pp 2347–2351

Häußermann, A., Beck, J.; Jungbluth, T. (2002): Litter materials in horse husbandry. *Landtechnik* 57(1): 50-51

Mönch-Tegeder, M.; Lemmer, A.; Oechsner, H.; Jungbluth, T. (2013): “Investigation of the methane potential of horse manure“. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, Vol. 15, No.2, 161

Mönch-Tegeder, M. (2014): Untersuchungen zur Verwertbarkeit von Pferdemist im Biogasprozess. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften (Dr. sc. agr.) vorgelegt der Fakultät Agrarwissenschaften, Universität Hohenheim

Orozco, S.H.; Cegarra, J.; Trujillo, L.M.; Roig, A. (1996) Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia fetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients. *Biology and Fertility of Soils*. 22: 162-166.

Romano, P. V.; Krogmann U.; Westendorf, M. L.; Strom, P.F. (2006). Small-scale composting of horse manure mixed with wood shavings. *Compost Science and Utilization*, 14(2): 132- 141

Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K. B.; Tignor, M.; Miller, H. L. (Hrsg.) (2007): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*, Table 2.14.

Umweltbundesamt 2017:

<http://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/landwirtschaft/beitrag-der-landwirtschaft-zu-den-treibhausgas#textpart-1>