

Auswirkung der Düngung mit Biogasgärresten auf die Bodentiere



Nr. 1 – 27/2015

Zusammengestellt für die Arbeitsgruppe I (Substratproduktion) im „Biogas Forum Bayern“ von:



Johannes Burmeister, Roswitha Walter

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz



Dr. Maendy Fritz

Technologie und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	3
1.1 Bedeutung der Bodentiere	3
1.2 Eigenschaften von Biogasgärresten	3
1.3 Wirkung organischer Düngung auf die Bodentiere	4
2 Ist Gärrest für die Bodentiere attraktiv?	5
3 Wie wirkt sich die Düngung mit Gärresten mittel- und langfristig auf die Besiedelung des Bodens mit Tieren aus?.....	6
4 Gibt es unmittelbar schädliche kurzfristige Effekte der Gärrestdüngung für die Bodentiere?	9
5 Hat die Düngung mit Gärresten einen Einfluss auf die Artenvielfalt und – zusammensetzung der Bodentiere?	10
6 Fazit und Empfehlungen	12
Literatur	15

1 Einleitung

Die Produktion von Biogas als regenerativer Energieträger ist wichtiger Baustein der deutschen Energiepolitik und inzwischen aus der Landwirtschaft nicht mehr wegzudenken. Dennoch mehren sich Fragen hinsichtlich der Umweltwirkungen und auch bezüglich der Wirkung der Rückstände aus der Erzeugung (Gärreste) auf das Bodenleben. Grundsätzlich sollte man sich bei der Ausbringung von Düngemitteln aller Art bewusst sein, dass neben den Kulturpflanzen auch andere Teile der Umwelt, wie die Gewässer und die Luft, aber auch das Bodenleben beeinflusst werden. Hier gilt es Beeinträchtigungen zu vermeiden. Die natürlichen Funktionen des Bodens u.a. auch als Lebensraum für Bodenorganismen sind nach dem Bodenschutzgesetz nachhaltig zu sichern. Gärreste sind in Bayern nach der Rindergülle inzwischen das bedeutendste organische Düngemittel (für Bayern 2012 nach^[1]: 19,4 kg N-netto/ha LF aus Biogasanlagen, 59,3 kg N-netto/ha LF aus der Rinderhaltung, Schätzung für Deutschland nach^[2]: etwa 65,5 Mio. m³ mit 390 153 t N pro Jahr). Große Mengen an Nährstoffen aus der lokalen Erzeugung, aber auch aus Futtermitteln, organischen Reststoffen und Bioabfällen werden auf die Fläche verteilt. Eine Beurteilung hinsichtlich der Wertigkeit der Gärreste für die Bodentiere, die durch ihre vielseitigen Leistungen positiv auf die Bodenfruchtbarkeit einwirken, ist also von großem Interesse.

Im Folgenden wird auf oft gestellte Fragen zur Wirkung der Düngung mit Gärresten auf die Bodentiere nach derzeitigem Wissensstand eingegangen:

- Ist Gärrest für die Bodentiere attraktiv?
- Wie wirkt sich die Düngung mit Gärresten mittel- und langfristig auf die Besiedelung des Bodens mit Tieren aus?
- Gibt es direkt schädliche, kurzfristige Effekte der Gärrestdüngung für die Bodentiere?
- Hat die Düngung mit Gärresten einen Einfluss auf die Artenvielfalt und -zusammensetzung der Bodentiere?

Die Beantwortung erfolgt auf Basis eigener Untersuchungsergebnisse der LfL, die durch eine Literaturlauswertung (*kursiv gedruckt*) ergänzt wird. **Am Ende jeder Frage findet sich für den schnellen Leser eine kurze Zusammenfassung.**

1.1 Bedeutung der Bodentiere

Die Bodentiere sind unbezahlte Helfer der Landwirtschaft und erbringen verschiedene elementare Ökosystemleistungen^[3-5]. Besonders Regenwürmer verbessern die Bodenstruktur durch ihre Grabtätigkeit, sorgen für ein verbessertes Infiltrationsvermögen der Böden und vermischen organische Substanz mit dem Mineralboden. Eine besonders wichtige Aufgabe kommt den Bodentieren bei dem Aufschluss der Nährstoffe zu. Sie zerkleinern organische Partikel und fördern das mikrobielle Wachstum. In der Gesamtheit wirken die Bodentiere wie Katalysatoren des Zersetzungsprozesses. Auch bei der Bildung von Ton-Humus-Komplexen und der Stabilisierung der organischen Substanz spielen die Bodentiere eine Rolle. Die Lebewelt im Boden ist somit ein guter Zeiger für einen fruchtbaren, biologisch aktiven Boden als wichtige Grundlage für eine nachhaltige Landwirtschaft. Es lohnt sich die Entwicklung und Ansprüche des Bodenlebens zu beobachten und zu berücksichtigen.

1.2 Eigenschaften von Biogasgärresten

Gärreste liegen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung nicht grundsätzlich außerhalb des weiten Spektrums der verschiedenen Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft. Die Inhaltsstoffe wie TS-Gehalt, pH-Wert, Gesamt-N- und NH₄-Gehalt schwanken je nach eingesetzten Gärsub-

strat und Gärbedingungen relativ stark (siehe Biogas Forum Bayern – [Biogasgärreste Einsatz von Gärresten aus der Biogasproduktion als Düngemittel](#)^{[6][2]}). Dies ist auch bei der Beurteilung von Versuchsergebnissen zu berücksichtigen. Die Vielfalt an eingesetzten Substraten auch aus dem Bioabfall-Bereich, unterschiedliche Prozesse der Vergärung, sowie anschließende Weiterverarbeitung (Separierung) machen Verallgemeinerungen schwierig und genaue Kenntnisse der Inhaltsstoffe unerlässlich. Vergleicht man den „durchschnittlichen“ Gärrest mit Ringergülle, fallen besonders die geringeren Gehalte an organisch gebundenem Kohlenstoff und organisch gebundenem Stickstoff, die höheren pH-Werte und Ammoniumgehalte auf^[2,7]. Dies führt zu einer höheren Neigung der Gärreste zur Ammoniakfreisetzung. Ammoniak kann in gewissen Dosen durchaus toxisch für Lebewesen sein.

Allgemein verringert sich während des Gärprozesses der Trockensubstanzgehalt, was zu einer homogeneren Struktur und besserer Fließfähigkeit führt. Dadurch können insbesondere die Nährstoffe in Lösung schneller in den Boden eindringen. Die Gärrest-Separation führt zu einer besonders flüssigen Phase mit vorwiegend gelösten Nährstoffen und einer festen Phase mit hohem Trockensubstanzgehalt aber ebenfalls hohem Nährstoffgehalt. Hinsichtlich der Zusammensetzung der organischen Substanz in den Gärresten kann man davon ausgehen, dass der Anteil an leicht zersetzbaren organischen Verbindungen in Folge der Vergärung geringer ist^[8]. Dem Bodenleben, also Mikroorganismen und Tieren, steht somit weniger schnell verwertbare Nahrung zur Verfügung. Dies verursacht ein besonderes Interesse an der Wirkung der Gärreste auf das Bodenleben. Die höhere Stabilität der Gärreste führte zu der Einschätzung, dass sich dies auch in deren Humuswirkung niederschlägt^[9]. Was nicht zersetzt werden kann, steht allerdings auch nicht dem Bodenleben als Nahrung zur Verfügung. Generell wird dem Substrat bei der Biogaserzeugung mehr organische Substanz entzogen als bei der Passage durch das Rind. Die weitere Zersetzungsgeschichte der organischen Dünger, die Auswirkungen auf Bodentiere und auch die Vorgänge, die zu einem Humusaufbau bzw. -abbau führen, sind noch mit vielen Fragen behaftet.

1.3 Wirkung organischer Düngung auf die Bodentiere

Untersuchungen zur Wirkung von organischer Düngung auf die Bodentiere sind zahlreich und umfassen zum Teil auch ausgesprochene Langzeitversuche und verschiedene Tiergruppen^[10-15]. Wegen ihrer großen Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit bilden die Regenwürmer einen Schwerpunkt. Generell fördert die organische Düngung durch die Anregung der Stoffkreisläufe die Bodentiere. Dies geschieht sowohl durch das erhöhte Nahrungsangebot der organischen Düngersubstanz selbst als auch durch die Steigerung des Pflanzenwachstums. Sowohl Kohlenstoffverbindungen als Energielieferant als auch Nährstoffe (z.B. Stickstoff) sind für das Bodenleben von Bedeutung. Die Dichte der Bodentiere in landwirtschaftlichen genutzten Flächen wird neben den Standortbedingungen und der Witterung vorwiegend durch die Bewirtschaftungsweise bestimmt. Dabei spielt insbesondere das Nahrungsangebot (Quantität und Qualität) eine wichtige Rolle. Wirkungen der organischen Düngung auf den Wasserhaushalt durch einen höheren Humusgehalt, die Flüssigkeit selber oder auch einen gewissen „Mulcheffekt“ der organischen Dünger können sich ebenfalls positiv auswirken. Bei hohen Gaben an Düngern kann es unter Umständen auch zu einer Reduktion der Zahl der Bodentiere kommen (z.B. durch Verätzung). Da die Natur viele Nischen bietet, in denen sich die Arten und Lebensgemeinschaften entwickelt haben, sind Verallgemeinerungen allerdings häufig unsicher und artspezifische Reaktionen zu erwarten.

2 Ist Gärrest für die Bodentiere attraktiv?

Um die Gärreste hinsichtlich ihrer Wertigkeit für die Bodentiere zu beurteilen, ist zu klären, ob dieser Reststoff der Biogaserzeugung den Bodentieren als Nahrungsquelle dient.

Versuchsergebnisse

Die Attraktivität von Gärresten für Bodentiere zeigten Untersuchungen der LfL in Scheyern. Springschwänze und Raubmilben besiedelten mit Gärrest befüllte und vergrabene Minicontainer in ähnlicher Zahl wie mit Rindergülle befüllte (s. Versuchsbeschreibung, Abbildung 1). In Minicontainern ohne organisches Material waren demgegenüber signifikant weniger dieser Tiere zu finden. Am deutlichsten war der Effekt im Jahr 2010 beim längeren Verbleib der Behälter über den Winter im Boden.

Auch die Untersuchungen zur Regenwurmbesiedlung sowohl in den Microplots in Scheyern als auch im Gärrestversuch Bayern lassen an Hand der Unterschiede zwischen nicht organisch gedüngten und mit Gärrest gedüngten Böden erkennen, dass die Gärreste durchaus attraktiv für Regenwürmer sind und verwertet werden.

Microplot und Minicontainer Versuch

- Microplot: Entwicklung der Bodenfauna in 1/4 m² großen mit Wasser, Gärrest und Rindergülle behandelten Edelstahlrahmen
- Minicontainer: Einwanderung von Springschwänzen und Milben in durchlässig verschlossenen Gefäßen (100 ml) versetzt mit Wasser, Gärrest und Rindergülle nach einer Verweilzeit von 3-6 Monaten im Boden

Laufzeit: 2008 – 2010 **Fruchtfolge:** Mais-WW-Kartoffel

Freilandversuch, 3fach wdh. Blockanlage (Microplot) bzw. 12fach wdh. (Minicontainer)

Varianten: Kontrolle (Wasser); Gärrest; Rindergülle

Gärreste:

Menge/Jahr*ha	36 m ³
TS	6,3%
N _{Ges}	4,1 kg / m ³
NH ₄	2,2 kg / m ³

Tiergruppen: Springschwänze, Milben, Regenwürmer



Literaturauswertung

Laboruntersuchungen zur Gewichtszunahme von Regenwürmern bei Düngung mit Gärresten wiesen nach, dass die tiefgrabenden Regenwurmart *Lumbricus terrestris* und *Aporrectodea longa* den Gärrest als Nahrung nutzen und gegenüber der ungedüngten Kontrolle signifikant an Gewicht zulegen^[8,16]. Gegenüber den verglichenen tierischen Güllen war die Gewichtszunahme dieser Arten nicht geringer. Für *Aporrectodea caliginosa* als flachgrabende Regenwurmart, die verstärkt auf leicht verfügbare Kohlenstoffe im Bodenmaterial angewiesen ist, war die Ernährungssituation mit Gärresten jedoch ungünstiger als mit Rindergülle^[8].

Für Regenwürmer stellt der frisch ausgebrachte Gärrest, ebenso wie auch frisch ausgebrachte Gülle, kein geeignetes Substrat dar. In Vermeidungsversuchen, bei denen Regenwürmern Böden versetzt mit verschiedenen Düngern angeboten wurden, zeigte sich, dass *Aporrectodea caliginosa* besonders bei höheren Düngemengen die ungedüngten Kontrollen bevorzugt^[17]. Für *Lumbricus terrestris* konnte bei einem Test zwischen tierischer Gülle und Gärrest bei der höchsten untersuchten Aufwandmenge von 170 kg N / ha eine Vermeidung des Gärrestes nachgewiesen werden, d.h. die Würmer hielten sich eher in dem mit Rindergülle versetztem Boden auf^[18]. Für Böden eine Woche nach der Düngerapplikation bestand dieser Effekt nicht. Ähnlich verhielten sich *Enchytræa*, kleine Verwandte der Regenwürmer^[17].

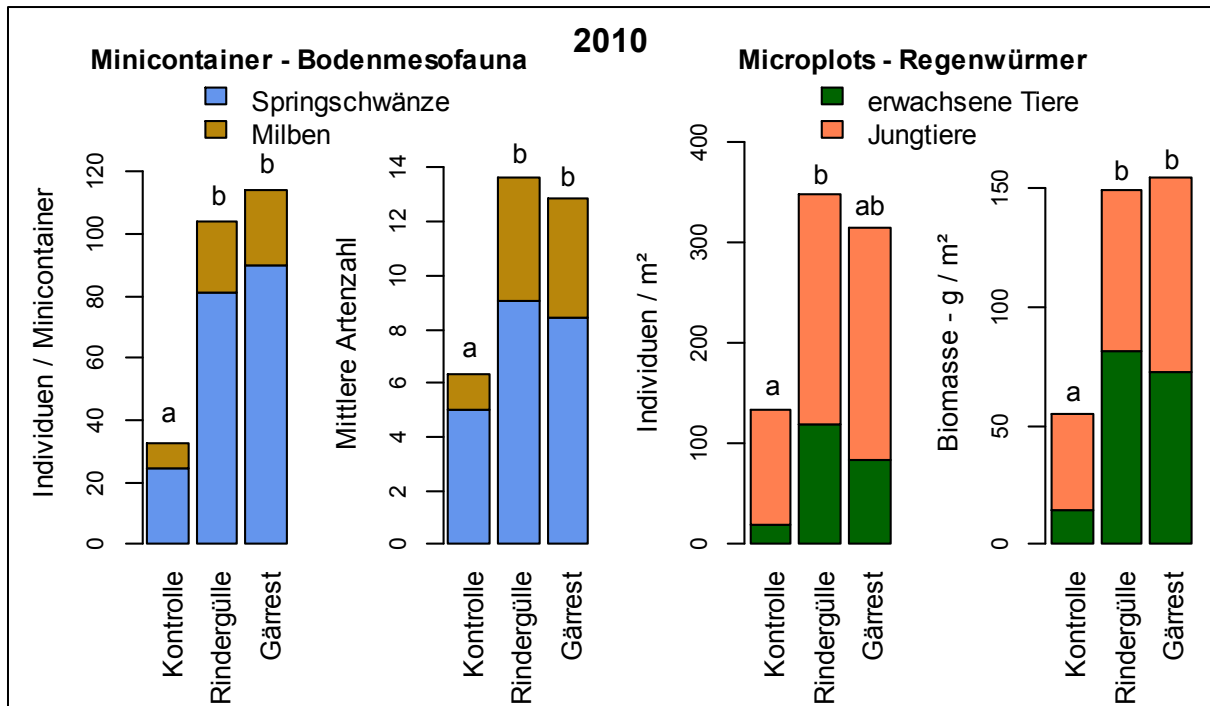
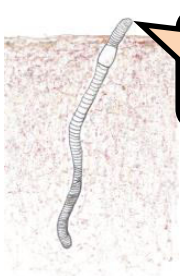


Abbildung 1: Ergebnisse des Versuches in Scheyern im Jahr 2010 (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, paarweiser T-Test mit $\alpha = 0,05$).

Gärreste scheinen für die Bodentiere ähnlich attraktiv zu sein wie andere organische Dünger. Sie stellen einen verwertbaren Ausgangsstoff für das Nahrungsnetz im Boden dar. Generell ist davon auszugehen, dass frische Gülle und Gärreste zunächst für die meisten Bodentiere eher wenig attraktiv sind und erst im Laufe der Zeit genutzt werden. Unterschiede in der Verwertbarkeit zur Rindergülle könnten auf Grund des geringeren Gehalts an leicht verfügbaren Kohlenstoff möglich sein. Eine kurzfristig geringere Attraktivität der Gärreste im Vergleich zu tierischer Gülle kann durch abweichende Inhaltstoffgehalte, insbesondere Ammonium, gegeben sein.



Gärreste dienen der Bodenfauna als Nahrung, sind aber nicht sofort nach der Ausbringung für die Bodentiere attraktiv.

3 Wie wirkt sich die Düngung mit Gärresten mittel- und langfristig auf die Besiedelung des Bodens mit Tieren aus?

Für den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und eine nachhaltige Bewirtschaftung ist insbesondere die langfristige Entwicklung des Bestandes an Bodentieren von Interesse. Um die Aufgaben im Nährstoffkreislauf und bei der Strukturbildung (s.o.) erfüllen zu können, ist die Siedlungsdichte der Bodentiere von großer Bedeutung. Naturgemäß schwankt die Dichte an Bodentieren im Boden saisonal und von Jahr zu Jahr, doch ist das Angebot an zersetzbarem Material ein maßgeblicher Steuerungsfaktor für das sich mit der Zeit einstellende dynamische Gleichgewicht innerhalb der Fruchtfolge. Die positive Wirkung von organischer Düngung auf den

Bodentierbestand ist bekannt (Kap. 1.3). Doch sowohl die geänderten Eigenschaften, insbesondere der Gehalt an leicht verdaulichen, energiereichen Stoffen, als auch die reduzierte Menge an organischem Kohlenstoff insgesamt im Gärrest kann sich langfristig auf die Bodentiere auswirken.

Versuchsergebnisse

Die Forschung zur Wirkung der Gärreste auf die Bodentiere konzentriert sich auf die Entwicklung der Regenwurmfauna. Wissenschaftliche Langzeituntersuchungen mit mehr als 5 Jahren Versuchslaufzeit fehlen derzeit aber noch weitgehend.

Die Untersuchungen zur Regenwurmfauna im Gärrestversuch Bayern (s. Versuchsbeschreibung) zeigten nach 5 Jahren Versuchslaufzeit deutlich den positiven Einfluss der organischen Düngung (Abbildung 2). Hinsichtlich der Siedlungsdichte der Regenwürmer unterschieden sich alle organisch gedüngten Varianten signifikant von den nur mineralisch gedüngten Flächen. Dies deutete sich bereits bei Untersuchungen zwei Jahre zuvor an. Hinsichtlich der Wirkung der Gärrest-Düngung zeigte sich im Mittel aller vier untersuchten Standorte eine signifikant geringere Siedlungsdichte in den Varianten, die Gärrest in Höhe der Maisabfuhr zurückführen gegenüber der entsprechend zur Maisabfuhr mit Rindergülle gedüngten Variante. Die ausschließlich mit Gärrest gedüngte Variante (Rückführung der Nährstoffabfuhr von Mais und Winterweizen + 20%) zeigte keine signifikanten Unterschiede zur Variante mit Rindergülle-Anwendung. Hinsichtlich der Biomasse der Regenwürmer war der Trend ähnlich, jedoch war die Entwicklung nicht an allen Standorten einheitlich, so dass 2014 kein statistisch eindeutiger Effekt feststellbar war. In 2012 konnte eine signifikant höhere Regenwurmbiomasse in den Varianten 4, 5 und 6 als in der nur mineralisch gedüngten Variante 1 nachgewiesen werden. Relativ gering war der Effekt des Stroh auf die Regenwurmfauna. Für die Siedlungsdichte der Bodenmesofauna (Springschwänze und Milben) konnten in diesem Versuch bisher keine Effekte der Düngung abgesichert werden.

Regenwurmerhebungen auf Praxisflächen in Bayern, z.B. im Rahmen des Bodendauerbeobachtungsprogramms, zeigten, dass auch länger als 5 Jahre mit Gärrest düngende Landwirte durchaus eine für bayerische Äcker durchschnittliche Siedlungsdichte der Regenwürmer im Boden von 120 Individuen/m² erreichen. Neben der organischen Düngung beeinflussen dabei viele weitere Faktoren wie die Fruchtfolgegestaltung (Anbau humusmehrender Früchte), die Bodenbearbeitungsintensität, der Bodendruck sowie die Standortsbedingungen diese Ergebnisse stark.

Als mittelfristiger Versuch konnte die dreijährige Applikation von Gärresten und Rindergülle in Microplots (Versuchsbeschreibung) ebenfalls den positiven Effekt der organischen Düngung nachweisen, wobei keine statistischen Unterschiede zwischen Rindergülle und Gärresten für Regenwürmer, Springschwänze und Milben gefunden wurden.

Gärrestversuch Bayern – Prüfung der langfristigen Nachhaltigkeit der Nutzungspfade Biogas und BtL

Praxisnahe am Ertrag orientierte Düngung (mineralisch, Gärreste, Rindergülle)

Laufzeit: 2009-2019 **Fruchtfolge:** Mais-WW

Feldversuch an 4 Standorten, 4-fach wiederholte Blockanlage

Varianten:

Var. 1: miner. – Stroh (BtL)

Var. 2: miner. + Stroh

Var. 3: Gärrest – Stroh

Var. 4: Gärrest + Stroh

Var. 5: max. Gärrest – Stroh

Var. 6: Rindergülle + Stroh

Gärreste: Menge/Jahr*ha Ø 33 m³ (Ø 69 m³ Var.5)

TS Ø 5,4% (Max. 7,7%, Min 1,5%)

pH Ø 7,9 (Max. 8,4, Min 7,5)

N_{Ges} Ø 3,9 (Max.5,3, Min.3,0) kg / m³

NH₄ Ø 2,5 (Max. 3,9, Min. 1,7) kg / m³

Tiergruppen: Regenwürmer, Springschwänze, Milben (Laufkäfer)



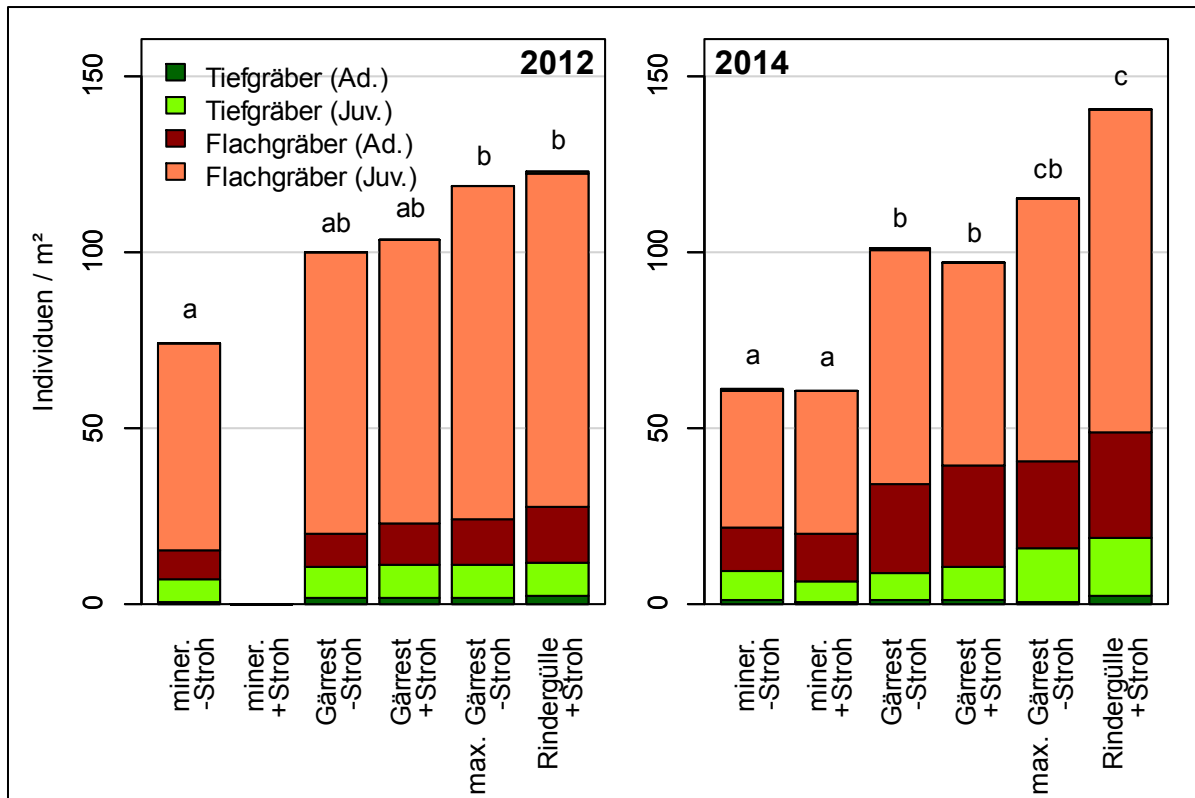


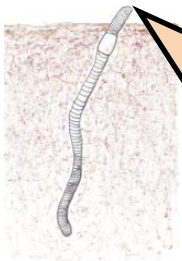
Abbildung 2: Siedlungsdichte der Regenwürmer (Ad.: erwachsene Tiere, Juv.: Jungtiere) im Gärrest-Versuch Bayern nach drei- und fünfjähriger Versuchslaufzeit im Jahr 2012 und 2014 (im Jahr 2012 wurde die Variante mineral + Stroh nicht beprobt; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede; Tukey-Test mit $\alpha = 0,05$).

Literaturauswertung

In einem langfristig angelegten Versuch zu unterschiedlichen Fruchtfolgen mit dem Ziel der Bioenergie-Erzeugung im ökologischen Landbau konnte nach vier Jahren ein positiver Effekt der Gärrestdüngung auf die Regenwurmpopulation nachgewiesen werden^[19]. Von großer Bedeutung waren aber auch die unterschiedlichen Fruchtfolgen. Weitere Feldversuche (Versuchslaufzeit max. 2 Jahre) zur Regenwurmfaua unter Gärrestdüngung zeigten zum Teil im Vergleich mit Gülle und ungedüngten Kontrollvarianten den positiven Effekt der organischen Düngung^[17,20], aber auch eine negative Entwicklung der Regenwurmfaua bei steigender Menge ausgebrachten Gärrestes^[21] oder keine eindeutigen Ergebnisse^[18,20,22]. Signifikante Unterschiede waren jedoch nur selten festzustellen. Auf Praxisflächen mit längerer Gärrestdüngung wurde in Österreich eine höhere Siedlungsdichte von Regenwürmern und Nematoden als auf Vergleichsflächen festgestellt^[23]. Für andere Tiergruppen ist bisher noch weniger bekannt.

Die bisher gewonnenen Daten deuten darauf hin, dass mit Gärrest gedüngte Flächen langfristig einen höheren Regenwurmbestand aufweisen als nicht organisch bzw. ausschließlich mineralisch gedüngte. Die Wirkung der Gärreste erreicht aber nicht die von Rindergülle. Hauptursache hierfür ist der geringere Anteil an organischer Substanz, die als Nahrung für das Bodenleben entscheidend ist. Als weitere Gründe kann die geänderte Zusammensetzung und die Eigenschaft der organischen Substanz diskutiert werden. Eine verbesserte Nahrungsversorgung durch humusmehrende Fruchtfolgen oder Erntereste kann dieses Defizit wahrscheinlich weitestgehend ausgleichen. Als Anhaltspunkt für die Versorgung des Bodenlebens mit organischem Material kann auch eine Humusbilanzierung dienen. Die Tatsache, dass die Ausbringung von Gärrest zu einem höheren Besatz an Regenwürmern führt, verdeutlicht, dass es sich bei diesem Dünger nicht um eine generell „regenwurmschädliche“ Substanz handelt. Allerdings sind die Zusammenhänge mit den folgenden Fragen zu beach-

ten. Forschungsbedarf besteht neben der echten Langzeitwirkung insbesondere noch zu aufbereiteten und separierten Gärresten, sowie zu weiteren Bodentiergruppen ergänzend zu den Regenwürmern.



Die Düngung mit Gärresten fördert den Regenwurmbesatz im Vergleich zu einer rein mineralischen Düngung. Sie erreicht allerdings nicht die Wirkung von Rindergülle. Die Ursache hierfür liegt vermutlich vorwiegend in der Menge und evtl. der Qualität des rückgeführten organischen Materials.

4 Gibt es unmittelbar schädliche kurzfristige Effekte der Gärrestdüngung für die Bodentiere?

Hinweise auf eine reizende Wirkung von Gärresten (aber auch anderer tierischer Gülle) auf die Regenwürmer tauchen in der Praxis immer wieder auf. Schon 1836 wusste man um die schädliche Wirkung von Ammonium und/oder Ammoniak auf die Regenwürmer, so preist die Land- und Forstwirtschaftliche Zeitung für Norddeutschland damals „gefaulten, viel Ammoniak enthaltenden Rindviehharn“ als gutes Mittel um die Regenwürmer „zu vertilgen“. Auch bei der Ausbringung großer Mengen an Schweinegülle wurden sterbende Regenwürmer an der Bodenoberfläche beobachtet^[24]. Der Zusammenhang zwischen den Inhaltsstoffen und der austreibenden Wirkung ist zwar noch nicht endgültig geklärt, der Gehalt an Ammoniumstickstoff scheint aber von Bedeutung zu sein. Neben Regenwürmern sind vermutlich auch andere kleinere, weichhäutige Bodentiere mindestens ebenso stark betroffen. Im Grünland, wo die Siedlungsdichte der Regenwürmer besonders hoch ist, sich viele Tiere auch an der Bodenoberfläche aufhalten und die Ausbringung zu feuchteren Bedingungen mit hoher Aktivität stattfinden kann, sind die größten Effekte zu erwarten. Zur Vermeidung von Schäden an der Regenwurmfauna wird häufig auf Gülle- oder Gärrestaufbereitung und -verdünnung sowie die Witterung und die Bodenfeuchte bei der Ausbringung hingewiesen.



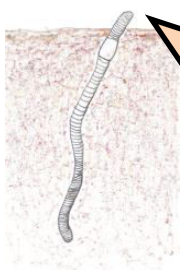
Versuchsergebnisse

Ein Tastversuch zur Austreibewirkung von Gärresten auf die Regenwurmfauna auf Grünland in Puch zeigte, dass bei einer praxisüblichen Gärrest-Düngung von 30 m³ / ha deutlich weniger als ein Regenwurmindividuum / m² an die Oberfläche kam, was einem Populationsanteil von 0,3% entsprach. Auch im Gärrestversuch Bayern konnte bisher kein auffälliger Austreibeeffekt durch eine Düngung mit Biogasgärresten beobachtet werden. Ein kurzfristiger negativer Einfluss auf die Siedlungsdichte der Regenwürmer wurde bei den Erhebungen, die etwa ein Monat nach der Düngung durchgeführt wurden, nicht festgestellt. Untersuchungen zur Austreibewirkung von unterschiedlich behandelter Rindergülle im Grünland kamen zu dem Ergebnis, dass bei 25 m³ / ha Gülle die Zahl der geschädigten oder toten Regenwürmer noch gering ist, bei größeren Mengen jedoch merkbar zunimmt (unbelüftete Rindergülle 12,1 % bzw. 23,4 % der Individuen bei 50 bzw. 75 m³ / ha)^[25].

Literarturauswertung

Erhebungen zur Regenwurmfauna, die direkt nach der Düngung mit Gärresten durchgeführt wurden, (1 und 6 Wochen), zeigten keine eindeutige Reduktion der Regenwurmdichte im Feld^[18]. In Bodensäulen mit 17 cm Durchmesser, auf die praxisübliche Gärrestmengen aufgebracht wurden und auf die anschließend noch ein Niederschlag von 30 mm simuliert wurde, konnten keine Regenwürmer an der Oberfläche beobachtet werden^[16]. Auch bei mehrjährigen Versuchen^[17,21] konnte ein Monat nach der Düngung keine signifikante Reduktion der Siedlungsdichten im Vergleich zu unbehandelten Kontrollen festgestellt werden. An Hand von Vermeidungs- und Toxizitätstests wurde abgeleitet, dass eine Anwendung von Gärresten mit 170 kg N / ha mehr oder weniger das Maximum darstellt, das Regenwürmer tolerieren können, bevor es zu negativen Effekten auf das Verhalten und Überleben der Tiere kommt^[18].

Es handelt sich bei den Ereignissen, die eine größere Menge Regenwürmer an der Bodenoberfläche beobachten lassen, im Wesentlichen um Einzelfälle bei denen wohl einige ungünstige Faktoren auf einander treffen. Von Bedeutung sind die Bodenfeuchte, die Witterung und die Temperaturverhältnisse, aber evtl. auch die Zusammensetzung der Gärreste. Die wesentliche und für den Landwirt sicher steuerbare Größe ist aber die Aufwandsmenge. Eine räumliche und zeitliche Verteilung der Düngegaben sollte, soweit die Gegebenheiten dies zulassen, gegenüber konzentrierten hohen Gaben bevorzugt werden. Zudem scheint dieses Problem besonders bei Ausbringung auf wassergesättigte Böden oder bei hohem Niederschlag nach der Düngung zu bestehen. Auch auf Grund der Gefahr von Bodenstrukturen sollten Gülle und Gärrest deswegen nur auf aufnahmefähige Böden ausgebracht werden. Zwar ist meist nur ein geringer Teil der Gesamtpopulation der Regenwürmer betroffen und der positive Effekt über das Nahrungsangebot überwiegt langfristig, dennoch sind tote Regenwürmer an der Oberfläche ein Hinweis darauf, dass man dem Boden und dem Bodenleben etwas zu viel zugemutet hat. Will man bei Gärresten mit besonders hohen Ammoniumgehalten und pH-Werten Schäden an der Bodenfauna vermeiden, kann auch über Verdünnung und Aufbereitung nachgedacht werden. Hinsichtlich des optimalen Zeitpunktes, der Wirkung behandelter Gärreste (Separation, Aufbereitung, Ansäuerung usw.) und verschiedener Ausbringungsmethoden bestehen momentan noch offene Fragen.



Direkte schädigende Effekte durch die Ausbringung von Gärresten aber auch andere organische Dünger treten kurzfristig auf, sind aber nicht die Regel. Meist ist nur ein sehr kleiner Teil der Regenwurmpopulation betroffen und der positive Effekt des Nahrungsangebotes durch die organischen Dünger überwiegt langfristig. Nach derzeitigem Wissensstand sollte man eine Ausbringung bei zu feuchten Bodenbedingungen und von größeren Mengen in einer Gabe vermeiden.

5 Hat die Düngung mit Gärresten einen Einfluss auf die Artenvielfalt und –zusammensetzung der Bodentiere?

Neben der Menge an im Boden vorkommenden Tieren ist auch deren Vielfalt von wichtiger Bedeutung für die zu erfüllenden Funktionen, z.B. ist am langandauernden Abbau über zahlreiche Zerfallsstufen von Ernteresten oder organischen Düngern eine große Vielfalt an Bodenorganismen beteiligt. Im Laufe der gemeinsamen Evolution hat sich zwischen den Mikroorganismen, den Bodentieren und den Pflanzen eine vielfältige Verflechtung von Beziehun-

gen und Abhängigkeiten entwickelt. Die Vielfalt an Lebewesen stellt demnach eine Risiko-versicherung für die Zukunft dar. Die Beurteilung der langfristigen Verträglichkeit der Gärrest-Düngung sollte darum auch den Aspekt der Artenvielfalt mitberücksichtigen. Generell ist davon auszugehen, dass alle landwirtschaftlichen Maßnahmen sich auf die Zusammensetzung der Artengemeinschaft auswirken.

Tabelle 1: Lebensformen der Regenwürmer (verändert nach DUNGER 2008)

		
Streubewohner	Flachgräber/Mineralschichtbewohner	Tiefgräber
<ul style="list-style-type: none"> • Leben oberflächennah in der Streu und Humusauflage • Bilden keine oder temporäre Röhren • Erkennbar an durchgängig dunkler Färbung (UV-Schutz) 	<ul style="list-style-type: none"> • Leben im Mineralboden bis ca. 60 cm Tiefe und graben ständig neue weit verzweigte Röhren. • Tragen zur Feindurchmischung von organischer Substanz mit dem Mineralboden bei 	<ul style="list-style-type: none"> • Legen nahezu senkrechte, tief in den Unterboden reichende stabile Röhren an. • Sammeln organisches Material an der Oberfläche ein, das sie in ihre Röhren ziehen.

Versuchsergebnisse

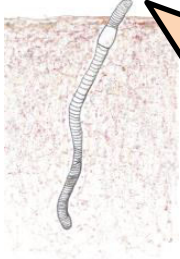
Bei den Untersuchungen im Gärrestversuch Bayern waren 2014 keine Unterschiede der Artenvielfalt der Regenwürmer bei unterschiedlicher Düngung festzustellen. Auch in der stark mit Gärrest gedüngten Variante (max. Gärrest - Stroh) waren alle standorttypischen Arten zu finden. Bei Aufwandmengen in dieser Größenordnung zeigte sich allerdings in 2014 an einem Standort eine geringere Zahl an erwachsenen Tauwürmern (*Lumbricus terrestris*). Die flachgrabenden, mineralschichtbewohnenden Arten (*Aporrectodea rosea*, *Allolobophora chlorotica*, *Aporrectodea caliginosa*, *Octolasion lacteum*) waren nicht beeinflusst (eine Beschreibung der Lebensformen der Regenwürmer findet sich in Tabelle 1). In den Microplots in Scheyern (vgl. Seite 4) deutete sich dagegen eine Veränderung in der Zusammensetzung der Lebensformen bei den Regenwürmern an^[26]. In der mit Gärrest gedüngten Variante wurde dabei eine um 30 % geringere Siedlungsdichte und Biomasse der erwachsenen, mineralschicht bewohnenden Regenwurmart festgestellt. Durchschnittlich kleinere und leichtere Individuen dieser ökologischen Gruppe wurden auch im Boden Gärrest gedüngter Äcker von Praxisbetrieben im Vergleich zum landesweiten Durchschnitt erfasst^[27]. Die Artenvielfalt von Springschwänzen und Raubmilben war in den Minicontainern und Microplots zwischen Rindergülle und Gärrest nicht nachweisbar verschieden. Für einige Arten zeigten sich jedoch Unterschiede in der Besiedlungsdichte^[28]. Untersuchungen zur Vielfalt von Laufkäfern in 2011 im Fruchtfolgeglied Mais des Gärrestversuchs Bayern zeigten keine Unterschiede^[29]. Auch die Untersuchung der Regenwurmfaua von Praxisäckern im Rahmen der Bodendauerbeobachtung zeigte keine Verringerung der Artenvielfalt. Im Rahmen der Versuche zur Austreibewirkung von unterschiedlich behandelter Rindergülle wurde festgestellt, dass vorwiegend die oberflächlich lebenden Regenwurmart betroffen sind und diese so bei regelmäßig überhöhten Düngemenge verloren gehen könnten^[25].

Literaturauswertung

Eine Änderung der Artenzusammensetzung der Regenwürmer scheint dennoch auf Grund der geänderten Eigenschaften der Gärreste (geringerer Gehalt leicht abbaubarer Kohlenhydrate im Vergleich zu Rindergülle) und deren festgestellten anderen Qualität für den endogäischen Regenwurm *Aporrec-*

todea caliginosa durchaus wahrscheinlich^[8]. Allerdings konnte unter Feldversuchsbedingungen auch eine Zunahme von *Aporrectodea caliginosa* beobachtet werden (Gärrestversuch 2012, ^[19]). Es wurde auch eine Änderungen in der Artenzusammensetzung durch Gärrestdüngung mit zum Teil einer Tendenz zur Verschmälerung des Artenspektrums berichtet^[20].

Die Regenwurmfauna auf Äckern, die mit Gärresten gedüngt werden, scheint sich zumindest kurzfristig in ihrer Vielfalt nicht zu verringern. Dennoch sind langfristig Effekte in der Artenzusammensetzung zu erwarten. Die Richtung der Entwicklung ist aber wegen der großen standörtlichen Unterschiede, vieler weiterer Bewirtschaftungseinflüsse wie z.B. Fruchtfolge, Bodenbearbeitungsintensität und Witterungseinflüsse derzeit nicht absehbar. Ein klares Defizit an Informationen besteht hinsichtlich der Artenvielfalt für viele Bodentiergruppen. Da gerade auch viele nicht oder extensiv genutzte Bestandteile der Agrarlandschaft (Säume, Gräben, Hecken, Gewässer usw.) einen bedeutenden Beitrag zur Artenvielfalt liefern, sollte das Ziel einer umweltfreundlichen Gärrestausrückführung sein, die Beeinträchtigung umliegender Flächen durch Verluste von Nährstoffen über die Luft oder das Wasser zu vermeiden. Weiterhin steigt bei zunehmenden Düngeraufwandsmengen und Intensivierung der Bewirtschaftung im Allgemeinen das Risiko von Artverlusten.



Von einer nennenswerten Verringerung der Artenvielfalt der Bodentiere durch die Verwendung von Gärresten im Rahmen der guten fachlichen Praxis ist derzeit zumindest kurz- bis mittelfristig nicht auszugehen. Für gesicherte Aussagen sind langfristige Untersuchungen erforderlich. Über viele Bodentierarten weiß man noch zu wenig. Für die Artenvielfalt des gesamten Naturhaushalts ist es wichtig eine Belastung von Luft und Wasser mit Nährstoffen zu vermeiden.

6 Fazit und Empfehlungen

Die Düngung mit Gärresten im Rahmen der allgemeinen Empfehlungen stellt für die Bodentiere im Vergleich zu fehlender organischer Düngung bzw. rein mineralischer Düngung eine Verbesserung ihres Nahrungsangebotes dar und fördert langfristig einen biologisch aktiven Boden. Da bei der Düngung mit Gärresten eine geringere Menge an organischer Substanz auf die Felder zurückgeführt wird als bei tierischer Gülle, sollten aber auch andere Maßnahmen zur Verbesserung der Humusversorgung genutzt werden. Hierunter fällt z.B. der Anbau humusmehrender Kulturen wie Ackergras, Klee gras und von Zwischenfrüchten oder das Belassen von Ernteresten auf dem Feld.

Auch wenn höhere Düngeraufwandsmengen nicht zwangsläufig zu einer Schädigung der Bodentierwelt führen, sollten sie, um das Risiko einer solchen zu vermeiden, besser zeitlich und räumlich verteilt werden. Der Anbau von Wintergetreide zur GPS-Nutzung mit Weidelgras-Untersaat bietet z.B. eine gute Möglichkeit hierfür (siehe Biogas Forum Bayern - [Weidelgras-Untersaaten in Wintergetreide zur GPS-Nutzung als Biogassubstrat](#)^[30]). Zudem können damit gleichzeitig viele positive ökologische Effekte erzielt werden, z.B. Verringerung der Nährstoffauswaschung, stärkere Bodendurchwurzelung als positiven Beitrag zur Bodenstruktur, Aufbesserung der Humusbilanz und Förderung des Bodenlebens. Auch die Düngung von Zwischenfrüchten oder die Verteilung der Düngung zu Mais im Frühjahr auf zwei Gaben können zur Entspannung der Situation beitragen. Bewegt sich die Gärrestanwendung im Rahmen der gültigen Düngeverordnung und der guten fachlichen Praxis sind gravierende

Schäden an der Bodenfauna nicht zu erwarten. Entstammen die Nährstoffe dem eigenen Betrieb trägt ein soweit möglich geschlossener Nährstoffkreislauf zur ökologisch verträglichen Anwendung bei. Darüber hinaus muss auf den Zusammenhang zwischen den Bodentieren und dem durch eine Befahrung bei ungünstigen, also zu feuchten Bedingungen verursachten Bodenbelastungen hingewiesen werden (siehe Biogas Forum Bayern - [Bodenfruchtbarkeit unter Druck](#)^[31]). Bodenverdichtungen können sich infolge einer höheren Lagerungsdichte, eines geringen Sauerstoffangebotes und dadurch veränderter Nahrungsbedingungen negativ auf Bodentiere auswirken. Gülle und Gärreste sollten daher nur auf aufnahmefähige Böden ausgebracht werden. Generell gilt es, auf eine bodenschonende Bewirtschaftung zu achten^[32].

Tabelle 2: Empfehlungen und Maßnahmen zur Förderung von Bodentieren

	Maßnahmen	Beispiele
Nahrung verbessern	humusmehrende Früchte	Leguminosen-Grasgemenge, Luzerne
	Zwischenfrüchte	z.B. Klee, Senf, Phacelia, Weidelgras, Lupine, Raps
	Erntereste belassen	Stroh, Rübenblatt
	organische Düngung	Grümdüngung, Mist, Gülle, Gärrest
Störung verringern	verringerte Bodenbearbeitung	Pflughäufigkeit verringern, pfluglos, Direktsaat
	Einsparung Pflanzenschutz	Pflanzenschutzmittel auf das Nötigste reduzieren, Ökologischer Landbau
	Bodenschonende Bewirtschaftung, Bodenverdichtung vermeiden	feuchte Böden nicht befahren, geringe Radlasten, Reifeninnendruck anpassen
	mehnjährige Kulturen	Ackergras, Klee gras, Dauerkulturen
	Durchgängige Bodenbedeckung	Untersaaten
Vielfalt erhöhen	reichhaltige Fruchtfolgen	mindestens dreigliedrig
	räumliche Vielfalt	Nutzungsvielfalt, reichgegliederte Landschaft, Randstreifen, Hecken
	Agrarumweltmaßnahmen	extensive Bewirtschaftung, Ökologischer Landbau, Winterbegrünung, Mulchsaat, Blühflächen

Die genaue Kenntnis der Zusammensetzung der Gärreste ermöglicht es, die davon ausgehenden Wirkungen auf die Bodentiere abzuschätzen und die Düngung entsprechend zu planen. Eine räumliche und zeitliche Konzentration von Nährstoffen bedeutet ein erhöhtes Risiko unerwünschter Nebenwirkungen. Hohe Gehalte an Ammonium und hohe pH-Werte im Gärrest sollten Anlass geben, die Witterungs- und Bodenbedingungen zur Ausbringung besonders zu berücksichtigen, auch um gasförmige Stickstoffverluste zu vermeiden. Für den Erhalt der Artenvielfalt in der Agrarlandschaft mit den damit verbundenen funktionalen Leistungen für die Bodenfruchtbarkeit und natürliche Schädlingsregulation ist es ebenfalls wichtig, eine Belastung von Luft, Wasser und damit den angrenzenden Lebensräumen mit Nährstoffen zu vermeiden^[33].

Hinsichtlich der Wirkung von aufbereiteten Gärresten (z.B. Separation, Ansäuerung, Nitrifikationshemmer) auf die Bodenfauna besteht momentan noch Forschungsbedarf. Dies betrifft auch neuere Applikationsmethoden wie Injektions- und Schlitzverfahren.

Ein landwirtschaftlicher Betrieb ist ein komplexes Zusammenspiel aus dem Bewirtschafter und dem Boden, seinen Pflanzen und Tieren. Bei der Beurteilung von Effekten des Energiepflanzenanbaus auf Bodentiere darf man deshalb das gesamte Bewirtschaftungssystem

nicht aus dem Blick verlieren. So bieten sich viele Möglichkeiten die Bodentiere und damit auch ihre Leistungen für den Landwirt zu fördern, z.B. durch eine reichgliedrige Fruchtfolge, Zwischenfruchtanbau, Dauerkulturen und pfluglose Bodenbearbeitung (siehe Tabelle 2). Im Sinne einer vorsorgenden Risikominimierung empfehlen sich solche Maßnahmen besonders für den intensiv wirtschaftenden Biogasbetrieb. Zudem ergeben sich viele Synergien zur Bewahrung der Bodenfruchtbarkeit und Ökosystemleistungen. Zwar wird weiterhin die Ökonomie die treibende Kraft der Landnutzungsentscheidungen bleiben, doch wäre es bedauerlich, die Möglichkeiten, die die Biogasproduktion für die Verbesserung der Lebensbedingungen für Bodentiere, einen fruchtbaren Boden und den Landschaftshaushalt im Allgemeinen bietet, ungenutzt zu lassen.

Literatur

- [1] WENDLAND, M. (2014): Nährstoffemissionen aus der Tierhaltung in Bayern und die Novellierung der Düngeverordnung. In: Fahn, C., W. Windisch (Ed.): 52. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V. – „Tierernährung und Umwelt“. Eigenverlag BAT e.V. Freising. S. 1-6.
- [2] MÖLLER, K. & T. MÜLLER (2012): Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Engineering in Life Science*, 12 (3), S. 242-257.
- [3] GRAFF, O. (1983): Unsere Regenwürmer – Lexikon für Freunde der Bodenbiologie. Verlag M. & H. Schaper, Hannover.
- [4] DUNGER, W. (2008): Tiere im Boden. Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben.
- [5] EHRMANN, O. (2012): Der unterirdische Mitarbeiterstamm. Bedeutung von Regenwürmern für den Ackerbau, *Landwirtschaft ohne Pflug* 11, S. 25-34.
- [6] WENDLAND, M., F. LICHTI (2012): Biogasgärreste – Einsatz von Gärresten aus der Biogasproduktion als Düngemittel. In: *Biogas-Forum Bayern Nr.1-3/2012*. Hrsg. ALB Bayern e.V., <http://www.biogas-forum-bayern.de/media/files/0003/2biogasg-rreste-berarbeitet2012.pdf>
- [7] THOMSEN, I. K., J. E. OLESEN, H. B. MØLLER., P. SØRENSEN, B. T. CHRISTENSEN (2013): Carbon dynamics and retention in soil after anaerobic digestion of dairy cattle feed and faeces. *Soil Biology & Biochemistry*, 58, S. 82-87.
- [8] ERNST, G., A. MÜLLER, H. GÖHLER, C. EMMERLING (2008): C and N turnover of fermented residues from biogas plants in soil in presence of three different earthworm species (*Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea longa*, *Aporrectodea caliginosa*). *Soil Biology & Biochemistry*, 40, S. 1413-1420.
- [9] REINHOLD, G. & W. ZORN (2008): Eigenschaften und Humuswirkung von Biogasgülle. In: *Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (Ed.), VDLUFA Schriftenreihe* 64, S. 404-409.
- [10] HERBKE, G., G. HÖLLER, G. HÖLLER-LAND, D. E. WILCKE (1962): Die Beeinflussung der Bodenfauna durch Düngung, *Monographien zur Angewandten Entomologie* Nr. 18.
- [11] EDWARDS, C. & LOFTY, J. (1982): Nitrogenous fertilizers and earthworm populations in agricultural soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 14, S. 515-521.
- [12] BUTZ-STRAZNY, F. & R. EHRNSBERGER (1993): Auswirkungen von mineralischer und organischer Düngung auf Mesostigmata (Raubmilben) und Collembola (Springschwänze) im Ackerboden. In R. EHRNSBERGER (Ed.), *Bodenmesofauna und Naturschutz* Vol.6, S. 220-249.
- [13] ESTEVEZ, B., A. N'DAYEGAMIYE, D. CODERRE (1996): The effect on earthworm abundance and selected soil properties after 14 years of solid cattle manure and NPKMg fertilizer application. *Canadian Journal of Soil Science* 76 (3). S. 351-355.
- [14] WHALEN, J.K., R. PARMELEE, C. EDWARDS (1998): Population dynamics of earthworm communities in corn agroecosystems receiving organic or inorganic fertilizer amendments. *Biology and Fertility of Soils* 27, S. 400-407.
- [15] LEROY, B., O. SCHMIDT, A. VAN DEN BOSSCHE, D. REHEUL, M. MOENS (2008): Earthworm population dynamics as influenced by the quality of exogenous organic matter. *Pedobiologia* 52, S.139-150.
- [16] BRAUCKMANN, H. & G. BROLL (2007): Auswirkungen der Ausbringung von Gärresten aus Biogasanlagen auf Regenwürmer. *Mitteilungen der deutschen bodenkundlichen Gesellschaft*, 110 (2), S. 747-748.
- [17] BERMEJO, G. (2012): Agro-ecological aspects when applying the remaining products from agricultural biogas processes as fertilizer in crop production. *Dissertation Humboldt Universität zu Berlin*, S.106.
- [18] CLEMENTS, L. J. (2013): The suitability of anaerobic digesters on organic farms. *Dissertation University Southampton*, S.196.
- [19] WOLFRUM, S., M. THOMAS-RADEMACHER, S. PAPAJA, H. RENNTS, M. KAINZ & K. HÜLSBERGEN (2011). Influence of crop rotation in energy crops and biogas slurry application on earthworm populations. In: *International Society of Organic Agriculture Research (Ed.), Proceedings of*

- the third scientific conference of SOFAR - Organic is Life Knowledge for Tomorrow Vol.2, S. 303-306.
- [20] ELSTE, B., J. RÜCKNAGEL & O. CHRISTEN (2011): Einfluss von Biogasgärrückständen auf Abundanz und Biomasse von Lumbriciden. In ELSÄßER, M., M. DIEPOLDER, O. HUGUENIN-ELIE, E. PÖTSCH, H. NUßBAUM & J. MESSNER (Ed.), Gülle 11 - Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland, S. 213-217.
- [21] WRAGGE, V. (2013): Gärprodukte aus Biogasanlagen im pflanzenbaulichen Stoffkreislauf. Dissertation Humboldt Universität zu Berlin, S.153.
- [22] FRØSETH, R. B., A. K. BAKKEN, M. A. BLEKEN, H. RILEY, R. POMMERESCHE, K. THORUP-KRISTENSEN & S. HANSEN (2014): Effects of green manure herbage management and its digestate from biogas production on barley yield, N recovery, soil structure and earthworm populations. *European Journal of Agronomy*, 52, S. 90-102.
- [23] PETZ, W. (2000): Auswirkungen von Biogasgülledüngung auf Bodenfauna und einige Bodeneigenschaften, Studie im Auftrag der Oberösterreichischen Landesregierung, S.19.
- [24] COTTON, D. C. F. & J. P. CURRY (1980): The response of earthworm populations (Oligochaeta, Lumbricidae) to high applications of pig slurry. *Pedobiologia*, 20, S. 189-196.
- [25] BAUCHHENß, J. (1981): Wirkung belüfteter und unbelüfteter Gülle auf die Regenwurmfauna. In Bundesversuchsanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein (Ed.), Bericht über die 7. Arbeitstagung "Fragen der Güllerei" gehalten vom 29. September bis 2. Oktober in Gumpenstein, Bundesversuchsanstalt für alpenländische Landwirtschaft, S. 739-748.
- [26] WALTER, R., J. BURMEISTER & T. KREUTER (2012). Effekte der Gärrest-Düngung auf Regenwürmer. In: Stadt Marktredwitz (Ed.), 7. Marktredwitzer Bodenschutztage - Erneuerbare Energien und Bodenschutz, Marktredwitz, S. 199-205.
- [27] WALTER, R., J. BURMEISTER (2012): Effekte der Gärrestdüngung auf Bodentiere – eine Zwischenbilanz. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Ed.), 10. Kulturlandschaftstag - Düngung mit Biogasgärresten. Schriftenreihe 11/2012, Freising, S. 31-47.
- [28] BURMEISTER, J., A. GRIEGEL, B. MEHLHAFF, T. KREUTER, R. WALTER (2012): Effekte der Gärrest-Düngung auf Springschwänze (Collembola) und Milben (Acari) – Feldversuche im Versuchsgut Scheyern, In: Stadt Marktredwitz (Ed.), 7. Marktredwitzer Bodenschutztage - Erneuerbare Energien und Bodenschutz, Marktredwitz, S. 142-148.
- [29] BURMEISTER, J. (2013): Erste Ergebnisse zum Einfluss der Gärrestdüngung auf die Laufkäferfauna auf vier bayerischen Versuchsflächen. *Angewandte Carabidologie* 10, S. 3-11.
- [30] HARTMANN, S., D. HOFMANN, F. LICHTI, K. GEHRING (2011): Weidelgras-Untersaaten in Wintergetreide zur GPS-Nutzung als Biogassubstrat. In: Biogas-Forum Bayern Nr.I-16/2011. Hrsg. ALB Bayern e.V., <http://www.biogas-forum-bayern.de/media/files/0001/Weidelgras-Untersaaten-in-Wintergetreide.pdf>
- [31] STADLER, M., G. DÖRING (2013): Bodenfruchtbarkeit unter Druck – die Basis zur nachhaltigen, ökologischen und ökonomischen Biomasseproduktion. In: Biogas-Forum Bayern Nr.II-20/2013. Hrsg. ALB Bayern e.V., <http://www.biogas-forum-bayern.de/media/files/0001/Bodenfruchtbarkeit-unter-Druck.pdf>
- [32] BRUNOTTE, J., R. BRANDHUBER, J. BUG, M. BACH, H. HONECKER, C. EBACH, S. SCHRADER, T. WEYER, T. VORDERBRÜGGE, W. SCHMIDT (2013): Gute fachliche Praxis – Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz. Aid Infodienst e.V., Bonn.
- [33] WENDLAND, M., E. ATTENBERGER (2009): Wirtschaftsdünger und Gewässerschutz, LfL – Information, http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p_34348.pdf abgerufen am 21.08.2014.

Das „Biogas Forum Bayern“ ist eine Informationsplattform zum Wissenstransfer für die landwirtschaftliche Biogasproduktion in Bayern

Arbeitsgruppe I (Substratproduktion)

hier erarbeiten Experten Publikationen zu folgenden Themen:

- Züchtung und Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen
- Fruchtfolgen
- Gärrestverwertung und Düngung

Mitglieder der Arbeitsgruppe I (Substratproduktion)

- **Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Ansbach und Bamberg**
- **Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft**
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz
- **Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau**
- **Bayerisches Landesamt für Umwelt**
- **Biogasanlagenbetreiber**
- **C.A.R.M.E.N. e.V.**
- **Hochschule Weihenstephan-Triesdorf**
- **Landeskuratorium für pflanzliche Erzeugung in Bayern**
- **Landwirtschaftliche Lehranstalten Triesdorf**
- **Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe**

Zitiervorlage:

Burmeister, J., R. Walter und M. Fritz (2014): Düngung mit Biogasgärresten – Auswirkungen auf Bodentiere. In: Biogas Forum Bayern Nr. 1 - 27/2015, Hrsg. ALB Bayern e.V., http://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/nachhaltig-erneuerbar-energie_Substratproduktion. Stand [Abrufdatum].



Herausgeber:

Arbeitsgemeinschaft Landtechnik
und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.
Vöttinger Straße 36
85354 Freising
Telefon: 08161/71-3460
Telefax: 08161/71-5307
Internet: <http://www.biogas-forum-bayern.de>
E-Mail: info@biogas-forum-bayern.de