



Berichte über Landwirtschaft

Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

BAND 94 | Ausgabe 1

Mai 2016

AGRARWISSENSCHAFT

FORSCHUNG

—
PRAXIS



Gärreste als Gartendünger vermarkten?

RHENA KRÖGER, MARKUS RECKERMANN, CHRISTIAN SCHAPER und LUDWIG THEUVSEN

1 Einleitung

Biogasanlagenbetreiber stehen vor zahlreichen Herausforderungen. Neben zwischenzeitlich stark gestiegenen Preisen für Gärsubstrate und Pachtflächen sowie der wachsenden Kritik von Seiten der Bevölkerung (zum Beispiel Tank-Teller-Diskussion; Vermaisung der Landschaft) (27; 49) bestimmt auch die Politik weiterhin in erheblichem Maße die Bedingungen der Biogaserzeugung in Deutschland, derzeit unter anderem in Form der Novellierung der Düngeverordnung. Zukünftig ist vorgesehen, nicht nur Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft auf die Stickstoffobergrenze von 170 kg/ha anzurechnen, sondern alle organischen Düngemittel (2). Dies würde dazu führen, dass insbesondere Gärreste pflanzlichen Ursprungs aus Biogasanlagen stärker in den Fokus rücken würden (39; 45).

Unter den derzeit geltenden rechtlichen Regelungen sind rund zwei Prozent der deutschen Gemeinden durch einen Stickstoffanfall von über 170 kg N/ha gekennzeichnet. Werden zusätzlich die Gärreste aus pflanzlicher Herkunft auf die 170-Kilogramm-Regelung angerechnet, überschreiten rund sieben Prozent der Gemeinden den Schwellenwert von 170 kg N/ha. Der Stickstoffüberschuss würde insgesamt rund 51 Millionen Kilogramm betragen, was im Vergleich zum Status quo zu einem zusätzlichen Bedarf an landwirtschaftlicher Nutzfläche von 220.000 Hektar führen würde. Insgesamt würden somit bei Einbeziehung aller organischen Düngemittel zur ordnungsgemäßen Ausbringung der überschüssigen Stickstoffmengen rund 300.000 Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche benötigt werden (46). Da ein Großteil der Biogasanlagen in Regionen mit einer hohen Viehdichte steht (7; 41), würde die ins Auge gefasste rechtliche Änderung in Veredlungsregionen zu einer weiteren Verschärfung des Nährstoffproblems führen.

Die Notwendigkeit, Nährstoffe aus den Überschussregionen zu exportieren, wird angesichts der zu erwartenden Veränderung der Rechtslage immer größer. Ein derzeit viel diskutierter Ansatz ist die Separation von flüssigen Wirtschaftsdüngern in Nährstoffüberschussregionen in Verbindung mit dem Export und der Vergärung der Feststoffe in Nährstoffbedarfsregionen (4; 22; 23; 40). Die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens wird von Biogasanlagenbetreibern jedoch häufig in Frage gestellt (24). Sowohl für die abgebenden Viehbetriebe als auch für die aufnehmenden Biogasanlagen sollte es daher das Ziel sein, eine möglichst hohe Wertschöpfung aus dem Exportgut zu erzielen. In diesem Zusammenhang ist die gewinnbringende Vermarktung der anfallenden Gärreste ein interessanter und bisher wenig erforschter Ansatz. Für Biogasanlagenbetreiber in Nährstoffüberschussregionen ist zwangsläufig eine überregionale oder außerlandwirtschaftliche Vermarktung der Gärreste notwendig, um den Nährstoffanfall zu verringern. In Nährstoffbedarfsregionen sind darüber hinaus auch regionale und innerlandwirtschaftliche Vermarktungskonzepte denkbar. Während verschiedene Verfahren zur Aufbereitung von Gärresten bereits bekannt sind (zum Beispiel Separation, Trocknung), stellt sich die Frage nach einer sinnvollen, gewinnbringenden Vermarktung der Aufbereitungsprodukte. Ansätze, die vereinzelt in der Praxis zu finden sind, sind die Nutzung von Gärresten als Einstreu, als Brennstoff oder als Gartendünger (zum Beispiel NADU Naturdünger, 31).

Die vorliegende Studie hat zum Ziel, Vermarktungsmöglichkeiten für Gärreste zu betrachten und vor dem Hintergrund der beschriebenen Nährstoffsituation die außerlandwirtschaftliche Vermarktung als Gartendünger vertiefend zu analysieren. Im folgenden Kapitel 2 werden zunächst verschiedene mögliche Vermarktungsvarianten für Gärreste aufgezeigt. Anschließend wird in Kapitel 3 die Vermarktung von Gärresten als Gartendünger genauer untersucht. Dazu erfolgt zunächst eine kurze Marktabgrenzung, ehe anschließend auf die rechtlichen Regelungen eingegangen wird, nach denen eine Gartendüngervermarktung möglich wäre. In Kapitel 4 erfolgen eine Betrachtung der mit der Vermarktung verbundenen Investitionen und der sich daraus ergebenden Herstellkosten des Produkts sowie eine ökonomische Bewertung der Investition mit Hilfe von Verfahren der dynamischen Investitionsrechnung. Die Studie schließt in Kapitel 5 mit einer Diskussion und einem Fazit.

2 Vermarktungskonzepte für Gärreste

Gärreste haben in Abhängigkeit von den eingesetzten Ausgangssubstraten unterschiedliche Trockensubstanzgehalte. So besteht bei Biogasanlagen, die mit nachwachsenden Rohstoffen betrieben werden, das vergorene Material in der Regel zu mehr als 90 Prozent aus Wasser (34). Ein hoher Wasseranteil führt dazu, dass beispielsweise der Transport und die Lagerung von Gärresten sehr kostspielig sind (43). Häufig werden Gärreste daher durch Separation oder Trocknung aufbereitet. Grundsätzlich lassen sich mit der Gärrestaufbereitung verschiedene Ziele verfolgen:

- Herstellung der Exportfähigkeit von Nährstoffen durch Gewichtsverlust,
- Reduzierung von Lagerkosten,
- Verminderung von Lager- und Ausbringungsverlusten,
- Einsparung von Flächenkosten zur Einhaltung düngemittelrechtlicher Vorgaben,
- Verkauf von Aufbereitungsprodukten,
- Reduzierung von Umweltbelastungen durch Verringerung von Schadgas- und Geruchsemissionen, Nährstoffentlastung in der Flüssigphase und Inaktivierung von Krankheitskeimen und Unkrautsamen (25),
- Ausnutzung finanzieller Anreize nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) in Form von Boni für die Stromproduktion und die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Bonus) (38).

Zur Erreichung dieser Ziele sind verschiedene Verfahren der Gärrestaufbereitung bekannt, die sich grundsätzlich in Verfahren der Teil- und der Vollaufbereitung kategorisieren lassen. Bei der Teilaufbereitung wird der Gärrest in eine Feststoffphase und eine nährstoffreduzierte Flüssigphase überführt. Bei der Vollaufbereitung hingegen wird die Flüssigphase weiter aufbereitet bis zu einer Qualität, die eine Einleitung der verbleibenden Flüssigkeit in oberirdische Gewässer erlaubt (25). Gängige Verfahren sind neben der Feststoffseparation die Trocknung und Pelletierung.

Die Aufbereitung von getrockneten und pelletierten Gärresten ist unter ökonomischen Gesichtspunkten nur sinnvoll, wenn die Produkte anschließend mit einer möglichst hohen Wertschöpfung vermarktet werden können. Im Folgenden werden für getrocknete und pelletierte Gärreste einige bereits in der Praxis genutzte Vermarktungswege aufgezeigt.

2.1 Verwendung als Felddünger

Die derzeit häufigste Nutzungsart in der Praxis ist die Verwendung getrockneter Gärreste als Felddünger. Dabei stellt sich für die Betriebe die Frage, wie die Gärreste zu bewerten sind. Eine Möglichkeit stellt die Bewertung des Düngewertes der im getrockneten Gärrest enthaltenen Nährstoffe mit Mineraldüngerpreisen dar. Eine alternative Bewertungsmöglichkeit ist die Bewertung mit Nährstoffpreisen von Hühner trockenkot (HTK), da dieser alternativ zu getrockneten Gärresten ausgebracht werden könnte. Der Nährstoffwert von HTK ist jedoch ebenfalls von den jeweiligen Mineraldüngerpreisen abhängig. Die maximale Zahlungsbereitschaft der Ackerbauern für HTK liegt in der Regel etwas unterhalb des Wertes einer äquivalenten Nährstoffmenge aus Mineraldüngern. Gründe dafür sind, dass die Ausbringung von HTK im Vergleich zu Mineraldüngern teurer und die Stickstoffwirkung des HTK nicht so gut steuerbar ist. Des Weiteren ist häufig die Bereitschaft der Ackerbauern, Wirtschaftsdünger auf ihren Flächen einzusetzen, geringer als bei Mineraldüngern. Dementsprechend können getrocknete Gärreste nicht mit ihrem vollen Nährstoffwert bewertet werden; einige Autoren setzen sogar einen Abschlag von 50 Prozent auf den rechnerischen Nährstoffwert an (19).

Die Vermarktung von getrockneten Gärresten als Felddünger könnte eine höhere Wertschöpfung erzielen, wenn diese an ökologisch wirtschaftende Betriebe zur Schließung von Nährstofflücken verkauft werden könnten. Dazu gilt es zunächst zu klären, ob Öko-Betriebe die getrockneten Gärreste auf ihren Flächen als Dünger verwenden dürfen. Grundsätzlich gilt, dass ein ökologisch wirtschaftender Betrieb nur Gärreste von einer Biogasanlage abnehmen darf, wenn alle in der Biogasanlage eingesetzten Komponenten auch im Ökolandbau zulässig sind (21). Für Betriebe, die nach den Regeln der EG-Öko-Basisverordnung Nr. 834/2007 wirtschaften, ist in den Durchführungsbestimmungen der EG-Verordnung Nr. 889/2008 geregelt, welche Düngemittel, Bodenverbesserer und Nährstoffe eingesetzt werden dürfen. Demnach darf ein Erzeugnis aus gemischtem pflanzlichen Material nach anaerober Gärung bei der Erzeugung von Biogas im Biolandbau eingesetzt werden. Ebenso dürfen tierische Exkremate nach einer Fermentation eingesetzt werden, sofern diese Exkremate nicht aus industrieller Tierhaltung stammen (16). Nach Angabe des KOMPETENZZENTRUMS ÖKOLOGISCHER LANDBAU RHEINLAND-PFALZ (2011) liegt eine industrielle Tierhaltung vor, wenn die Besatzdichte der viehhaltenden Betriebe über 2,5 Großvieheinheiten pro Hektar liegt (21). Ferner dürfen Wirtschaftsdünger aus Geflügelhaltungen nicht aus Käfighaltung stammen und im Schweinebereich müssen bei einem etwas größeren Platzangebot als konventionell vorgeschrieben wenigstens 50 Prozent der Stallfläche planbefestigt sein. Inwiefern die Vermarktung von Gärresten aus der konventionellen Biogaserzeugung an Öko-Betriebe wirklich in Betracht kommt, ist schwer abzuschätzen. Wenn jedoch davon ausgegangen wird, dass vor allem Biogasanlagen in Nährstoffüberschussregionen nach alternativen Vermarktungsmöglichkeiten für

Gärreste suchen müssen und Biogasanlagen ihre Substrate in der Regel aus ihrer Region beziehen, wird vielfach die industrielle Tierhaltung ein Kriterium sein, das eine Abgabe der Gärreste an Öko-Betriebe verhindert.

2.2 Verwendung als Einstreu in Kuhställen

Eine Verknappung des Strohangebotes und steigende Preise für Stroh haben dazu geführt, dass immer mehr Landwirte auf der Suche nach alternativen Einstreumaterialien für die Liegeboxen im Kuhstall sind (18). Vor diesem Hintergrund wird eine Nutzung von Gärresten als Einstreumaterial angedacht. Gärreste haben eine hohe Aufnahmekapazität für Feuchtigkeit und sind annähernd geruchslos. Spaltenböden und Güllekanäle werden nicht so leicht zugesetzt und die Fließigenschaften der Gülle verbessert (11). Für diese Verwendungsrichtung empfiehlt sich allerdings eine der Trocknung vorausgehende Separation der Gärreste. Durch die Separation wird ein höheres Porenvolumen der Gärreste bei geringerer Dichte erreicht. Bei Verwendung als Einstreu ist dies ausdrücklich erwünscht, denn es erhöht den Liegekomfort für die Tiere (36). Hygienische Fragestellungen zur Verwendung von Gärresten als Einstreualternative werden in diesem Zusammenhang unterschiedlich diskutiert. Während einige Milchviehhalter eine Verbesserung der Tiergesundheit feststellen konnten, stehen andere der Nutzung von getrockneten Gärresten als Einstreu kritisch gegenüber (42).

2.3 Thermische Nutzung

Die Vermarktung von getrockneten Gärresten als pelletierter Brennstoff ist eine weitere Verwertungsmöglichkeit. Getrocknete Gärreste können alternativ zu Holzpellets in Heizungsanlagen eingesetzt werden. Der Heizwert von Gärrestpellets liegt bei etwa 18 MJ/kg und ist somit vergleichbar mit dem von Holzbrennstoffen (47). Heizöl verfügt über einen etwa doppelt so hohen Heizwert. Da Gärrestpellets bei thermischer Nutzung Holzpellets substituieren, orientiert sich der erzielbare Preis am Holzpelletpreis. Nach Angaben des DEUTSCHEN ENERGIEHOLZ- UND PELLETVERBAND E.V. (8) lag dieser bei einer Abnahmemenge von sechs Tonnen im Mai 2014 im Mittel bei rund 250 Euro pro Tonne.

Die thermische Nutzung von getrockneten Gärresten setzt voraus, dass an der Feuerungsanlage ein geeignetes Ascheaustragsystem vorhanden ist, da bei der Verbrennung von getrockneten Gärresten eine vergleichsweise hohe Aschemenge (rund zehn Prozent; Holz rund ein Prozent) zurückbleibt. Dies macht die Verbrennung problematisch, wenn kein geeignetes Austragsystem vorhanden ist. Weiterhin haben der niedrige Ascheerweichungspunkt von Gärresten und die damit verbundene erhöhte Schlackebildung und -ablagerung einen größeren Wartungsbedarf zur Folge (47). Ferner ist bei der Verbrennung von getrockneten Gärresten zu beachten, dass nach einer Nährstoffanreicherung auch die NO_x-Emissionen und die Einhaltung zulässiger Grenzwerte entsprechend der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft; 3) zu berücksichtigen sind (17).

2.4 Vermarktung als Gartendünger

Um Gärreste als Gartendünger vermarkten zu können, empfiehlt sich ihre vorherige Trocknung. Die Vermarktung als Gartendünger kann sowohl über bereits etablierte Händler, wie beispielsweise den niederländischen Anbieter organischer Düngemittel MeMon BV, oder über ein eigenes Vertriebssystem erfolgen. Der erzielbare Erlös richtet sich außer nach den Nährstoffgehalten auch nach den eingesetzten Substraten bei der Biogaserzeugung. Gärreste auf der Basis rein pflanzlicher Substrate haben den höchsten Wert; separierte Gärreste wiederum sind weniger wertvoll als nicht separierte. Werden neben pflanzlichen Substraten auch Wirtschaftsdünger vergoren, nimmt der Wert des getrockneten Gärrestes in der Reihenfolge von Rind über Huhn zu Schwein ab. Werden anstatt Rohgülle mit Nährstoffen angereicherte Feststoffe aus der Gülleseparation in der Biogasanlage eingesetzt, steigt der Nährstoffgehalt der Gärreste und somit der Wert als Gartendünger. Für getrocknete Gärreste, die sich aus Maissilage, Hühner trockenkot sowie Schweine- und Rindergülle zusammensetzen, würde MeMon BV beispielsweise 25 Euro pro Tonne zahlen (22 kg N/t; 36 kg P₂O₅/t; 58 kg K₂O/t; 45 kg CaO/t) (29). Werden die anfallenden getrockneten Gärreste mit Reinnährstoffpreisen der Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK, 5) bewertet (N = 0,91 €/kg, P₂O₅ = 0,73 €/kg, K₂O = 0,68 €/kg, CaO = 0,08 €/kg), ergibt sich dagegen ein Wert von rund 89 Euro pro Tonne – zuzüglich 30 Euro pro Tonne für weitere Nährstoffe und die Humuswirkung. Bei der Vermarktung der getrockneten Gärreste als Gartendünger über einen etablierten Händler würden diese bei der aktuellen Marktlage somit weit unter ihrem eigentlichen Düngewert verkauft werden.

Die Vermarktung über ein eigenes Vertriebssystem lässt hingegen eine höhere Wertschöpfung erwarten, da die im Einzelhandel angebotenen Gartendünger wesentlich teurer vermarktet werden als dies die reinen mineralischen Nährstoffpreise erwarten lassen. So werden beispielsweise Rasendünger je nach Gebindegröße für 2,25 bis 4,00 Euro pro Kilogramm angeboten (Tabelle 1). Der reine mineralische Nährstoffwert, berechnet aus den Nährstoffen Stickstoff, Phosphor, Kalium und Calcium, liegt dagegen nur bei rund 0,20 Euro pro Kilogramm. Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass in den in Tabelle 1 aufgelisteten Gartendüngern noch zusätzliche Nährstoffkomponenten enthalten sind, die hier nicht weiter berücksichtigt werden. Bei Betrachtung der unterschiedlichen Gebindegrößen fällt auf, dass die Differenz zwischen Verkaufspreis und mineralischem Nährstoffwert umso größer wird, je kleiner die Verkaufseinheit ist. Bei der Erstellung einer Vermarktungsstrategie für getrocknete Gärreste als Gartendünger erscheint daher auf den ersten Blick die Vermarktung kleinerer Gebindegrößen ökonomisch am lukrativsten.

Tabelle 1: Gartendüngerpreise im Überblick

Produkt	Gebindegröße kg	Verkaufspreis €/kg	min. Nährstoffwert €/kg	Differenz Nährstoffwert €/kg
Compo Rasendünger	20,00	2,25		2,02
	8,00	3,25	0,23	3,02
	4,00	4,00		3,77
OBI Rasendünger	15,00	2,33	0,20	2,13
	5,00	3,20		3,00
Compo Blaukorn Nova Tec	15,00	1,73		1,44
	7,50	2,13	0,29	1,84
	3,00	2,66		2,37
NPK-Dünger (eBay)	25,00	0,80	0,35	0,45
Oscorna Animalin Gartendünger	20,00	1,99	0,10	1,89

Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung nach 1, 14 und 32. Nährstoffwertermittlung nach Preisen von 5 (N: 0,91 Euro/kg, P₂O₅: 0,73 Euro/kg, K₂O: 0,68 Euro/kg, CaO: 0,08 Euro/kg).

Vor dem Hintergrund, dass der Einsatz von Gärresten als Felddünger, Einstreu oder Brennstoff bereits vereinzelt in Studien (11; 43; 37; 44) betrachtet wurde, zur Nutzung von Gärresten als Gartendünger dagegen bisher keine vertieften Studien bekannt sind, wird im Folgenden das Konzept der Vermarktung von Gärresten als Gartendünger näher betrachtet.

3 Rahmenbedingungen der Gartendüngervermarktung

3.1 Marktabgrenzung

Zur strategischen Unternehmensplanung und zur Entwicklung einer eigenen Vermarktungsstrategie bedarf es zunächst der Erfassung und Abgrenzung des relevanten Marktes (28). Da die Gartendüngervermarktung als eine Alternative zur Reduzierung des betrieblichen Nährstoffanfalls diskutiert wird, kommen vor allem außerlandwirtschaftliche Abnehmer in Frage. Zu denen sind sowohl Haushaltskunden, die Pflanzen in ihrem eigenen Garten düngen, als auch kleine und mittelständische Unternehmen im Garten- und Landschaftsbau, Gärtnereien und Baumschulen zu zählen.

Eine Marktabgrenzung ist auf die Bestimmung des räumlich, zeitlich und sachlich relevanten Marktes für ein Produkt ausgerichtet. Sie dient der Bestimmung der Größe eines Marktes, der Identifikation der auf diesem Markt aktiven Anbieter und Nachfrager sowie allgemein der Wettbewerbsbeziehungen im relevanten Markt (28). Mit der räumlichen Marktabgrenzung wird der geographisch relevante Raum festgelegt, der für den Absatz von Bedeutung ist. Da mit der Gartendüngernutzung die in den Gärresten enthaltenen Nährstoffe einer außerlandwirtschaftlichen Nutzung zugeführt werden, ist eine regionale Vermarktung möglich und vor dem Hintergrund des Ziels kurzer Transportwege von vorrangigem Interesse. Grundsätzlich spricht jedoch auch nichts gegen eine überregionale Vermarktung, da der aus Gärresten hergestellte Gartendünger aufgrund seiner Pelletierung eine hohe Transportwürdigkeit aufweist. Die zeitliche Marktabgrenzung zielt darauf ab, dass Anbieter und Nachfrager nur dann einem relevanten Markt angehören, wenn sie zum selben Zeitpunkt auf diesem agieren. Bei der Gartendüngervermarktung ergibt sich eine saisonale Abgrenzung in Abhängigkeit von der Wachstumsperiode der Pflanzen. Diese lässt sich auf die Frühjahrs- und Sommermonate (Februar bis August) eingrenzen. Die sachliche Marktabgrenzung erfasst, welche Produkte bereits auf dem Markt sind. Dabei sind alle Unternehmen als Konkurrenten anzusehen, die auf demselben Markt anbieten oder dies in Zukunft möglicherweise tun werden (20). Sinnvoll erscheint es, den Gartendünger über Baumschulen, Gärtnereien sowie Bau- und Gartenmärkte zu vermarkten. Daher sind alle Unternehmen Konkurrenten, die ihre Düngemittel für den Garten bereits solchen Unternehmen zum Einsatz oder weiteren Verkauf anbieten. Somit zählen in diesem Markt tätige Markenartikler, etwa Unternehmen wie die Oscorna-Dünger GmbH & Co KG und die Compo GmbH & Co KG, ebenso zu den relevanten Konkurrenten wie auch Handelsmarken von Bau- und Gartenmärkten (zum Beispiel Living Garden, Gartenkrone, Gartenkraft). Neben diesen Konkurrenten im engeren Sinne gibt es auch Wettbewerber, die ihre Gartendünger über einen – nicht notwendigerweise auf Gartenprodukte spezialisierten – Versandhändler im Internet anbieten.

3.2 Rechtlicher Rahmen

Wirtschaftsdünger dürfen gewerblich nur in den Verkehr gebracht werden, wenn sie entsprechend den gesetzlichen Vorgaben des Düngemittelrechts gekennzeichnet sind. Die Grundlagen des Düngemittelrechts bilden das Düngegesetz (DüngG, 13), die Düngemittelverordnung (DüMV, 12) und die EG-Düngemittelverordnung (EG-DüMV, 15) (10). Neben allgemeinen Anforderungen an das Inverkehrbringen von Düngemitteln sind in der DüMV auch die Anforderungen an die Kennzeichnung von Düngemitteln geregelt. Folgende Angaben müssten laut § 6 DüMV auf der Verpackung angegeben werden (12):

- Bezeichnung des Düngemittels; Art und Zusammensetzung der Ausgangsstoffe,
- Name und Anschrift des Inverkehrbringers,
- Nettogewicht oder Nettomasse für jede abgegebene Partie (Gewicht),
- Trockenmasse-Gehalt,
- typbestimmende Nährstoffgehalte bezogen auf die Frischmasse,
- nicht typbestimmende Nährstoffe bezogen auf die TM,
- Spurenelemente stoffspezifisch bezogen auf die TM,
- Schwermetalle stoffspezifisch bezogen auf die TM,
- basisch wirksame Bestandteile (CaO) von mehr als fünf Prozent bezogen auf die Trockenmasse.

Für Spurenelemente und Schwermetalle gibt es Kennzeichnungsschwellen, die ebenfalls in der DüMV geregelt sind. Ebenso sind Hinweise zur sachgerechten Lagerung und Anwendung anzugeben. Die gesamten Angaben zur Kennzeichnung müssen in deutscher Sprache abgefasst und gut lesbar auf jeder Verkaufseinheit des Gartendüngers angebracht sein. Beim Inverkehrbringen loser Ware sind diese Angaben auf der Rechnung, einem Lieferschein oder einem Warenbegleitschein zu machen. Für die Kennzeichnung verantwortlich ist der Hersteller (10; 13).

Die Deklarationsangaben dienen dem Verbraucher als Informationsquelle bezüglich Qualität und Beschaffenheit des Düngemittels. Stichprobenartig werden diese Angaben bei der Düngemittelverkehrskontrolle überprüft. Werden Kennzeichnungsfehler oder -mängel festgestellt, werden diese mit Bußgeldern geahndet. Bei festgestellten Mängeln können grundsätzlich alle Unternehmen zur Verantwortung gezogen werden, die mit dem Dünger handeln; neben dem Hersteller also auch die Verkäufer an den Endverbraucher wie beispielsweise Gärtnereien oder Baumärkte (10).

4 Ökonomische Betrachtung der Gartendüngervermarktung

Grundsätzlich ist das Ziel des Aufbaus einer Gartendüngervermarktung durch einen Biogasanlagenbetreiber neben der Abgabe von Nährstoffen die Generierung zusätzlichen Einkommens. Die Verarbeitung des Ausgangsmaterials zu hochwertigem Gartendünger und dessen anschließende Vermarktung müssen – unter Einbeziehung von Opportunitätskosten und -erlösen – rentabel sein. Ein wichtiger Aspekt dabei ist, welche Veredlungsschritte notwendig sind, um aus dem getrockneten Gärsubstrat einen vermarktungsfähigen Gartendünger herzustellen. Die Anforderungen an ein Düngeprodukt im privaten Endverbraucherbereich sind vielschichtig. Insbesondere werden eine gute Handhabung bei Dosierung und Verteilung gefordert. Aus diesen Anforderungen können die erforderlichen Veredlungsschritte "Pelletierung" und "Verpackung" abgeleitet werden.

4.1 Herstellkosten

Durch das Pelletieren der getrockneten Gärreste wird die Schüttdichte erhöht, das Transportvolumen verringert und die Handhabung erleichtert. Hierzu ist eine entsprechende Pelletierstation erforderlich. Damit die pelletierte Ware an den Endverbraucher vermarktet werden kann, ist eine Verpackung notwendig, für die verschiedene Verpackungsarten und Gebindegrößen zur Auswahl stehen. Als Gebinde sind Säcke zu fünf, zehn und 25 Kilogramm sowie Eimer mit einem Fassungsvermögen von fünf, acht und 12,5 Liter denkbar. Bei den verhältnismäßig niedrigen Nährstoffgehalten der Rohware im Vergleich zu den übrigen am Markt verfügbaren Gartendüngern erscheint eine Abfüllung in noch kleinere Gebinde wenig sinnvoll, da zur Erzielung von "Düngeerfolgen" auch auf kleineren Flächen schon größere Mengen benötigt werden. Aus ökonomischer Sicht ist von einer Eimerabfüllung abzuraten, da diese in der Regel deutlich teurer ist (9). Daher wird im Folgenden die Verpackung in Form der Absackung genauer betrachtet, wozu es einer Absackstation sowie einer Handnähmaschine bedarf.

Die Annahmen und die Ergebnisse der Kalkulation der Pelletier- und Absackkosten sind in Tabelle 2 dargestellt. Für die Pelletierung errechnen sich aus den Stromkosten, dem Ersatz für die Pelletierräder, den Lohnkosten und den Kosten für die Wasserbereitstellung variable Kosten in Höhe von 37,41 Euro pro Tonne oder rund 0,04 Euro je Kilogramm. Zur Berechnung der jährlichen Fixkosten werden die Anschaffungs- und Aufstellkosten über die Nutzungsdauer mit dem entsprechenden

Wiedergewinnungsfaktor (30) multipliziert. Die Fixkosten belaufen sich auf 8.156 Euro pro Jahr.

Die variablen Absackkosten setzen sich aus den Sack- und Verschlusskosten sowie den Strom- und Lohnkosten zusammen. Wie in der Tabelle 2 dargestellt, belaufen sie sich bei einem Zehn-Kilogramm-Sack auf 0,67 Euro je Sack oder rund 0,07 Euro je Kilogramm. Bei einem Fünf-Kilogramm-Sack oder einem 25-Kilogramm-Sack würden sich die Kosten aufgrund von unterschiedlichen Sack- und Lohnkosten auf 0,47 Euro je Fünf-Kilogramm-Sack oder 0,92 Euro je 25-Kilogramm-Sack verändern. Die Fixkosten betragen 859 Euro pro Jahr und ergeben sich aus den Anschaffungskosten für eine Absackwaage und eine Handnähmaschine. Da die Pelletierung mit erheblich höheren Fixkosten einhergeht als die Verpackung, fallen die Kosten je Einheit mit zunehmender Ausbringungsmenge beim Pelletieren deutlich stärker als beim Verpacken (Abbildung 1).

Berücksichtigt man ergänzend den Nährstoffwert des getrockneten Gärrestes, so können die Herstellkosten eines vermarktungsfähigen Gartendüngers ermittelt werden. Der Nährstoffwert des Rohmaterials wird mit 120 Euro pro Tonne oder mit 0,12 Euro je Kilogramm veranschlagt. Weitere Kosten entstehen durch den Transport der Ware zu den Abnehmern. Diese sind abhängig von der Transportentfernung zwischen dem Anlagen- oder Produktionsstandort und dem Standort des Kunden sowie von der jeweiligen Abnahmemenge je Belieferung. Da diese Kostendeterminanten fallspezifisch schwanken, werden sie im Folgenden nicht mitberücksichtigt. Ebenso finden Kosten für die Abwicklung von Büroarbeiten (zum Beispiel Rechnungstellung), Werbung sowie die Akquisition neuer Kunden keine Berücksichtigung.

Aufgrund des Fixkostendegressionseffekts sind bis zu einer Ausbringungsmenge von etwa 100 Tonnen pro Jahr deutliche, danach moderat fallende Stückkosten zu beobachten. Bei einer Ausbringungsmenge von 50 Tonnen pro Jahr betragen die Stückkosten unter den getroffenen Annahmen 0,40 Euro je Kilogramm, bei einer produzierten Menge von 100 Tonnen pro Jahr 0,31 Euro pro Kilogramm (Abbildung 1).

Tabelle 2: Annahmen und Kostenrechnung zur Pelletierung und Absackung

Pelletierung		Absackung	
Annahmen		Annahmen	
Investition Pelletierstation	48.000 €	Investition Absackstation	6.210 €
Aufstellungskosten	15.000 €	Investition Handnähmaschine	800 €
Reparatur (Pelletierträderersatz nach 250 t)	3.200 €	Gebindegröße	10 kg Sack
Durchsatz	180 kg/h	Materialkosten	0,25 €
Stromaufnahme	11 kWel	Durchsatz	60 Säcke/h
Stromkosten	0,19€/kWh	Stromaufnahme	n.r.
Arbeitszeit	20 Min./d	Stromkosten	0,19€/kWh
Arbeitskosten	25 €/h	Arbeitszeit	1 Min./Sack
Wasserbereitstellungskosten	0,50 €/t	Arbeitskosten	0,42 €/Sack
Zinsfuß	5%	Zinsfuß	5%
Nutzungsdauer	10 Jahre	Nutzungsdauer	10 Jahre
Wiedergewinnungsfaktor	0,13	Wiedergewinnungsfaktor	0,13
Kosten		Kosten	
Variable Kosten	37,41 €/t	Variable Kosten	0,67 €/Sack
	0,04 €/kg		0,07 €/kg
Fixkosten	8.156 €/a	Fixkosten	859 €/a

Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung nach 26, 33 und 35.

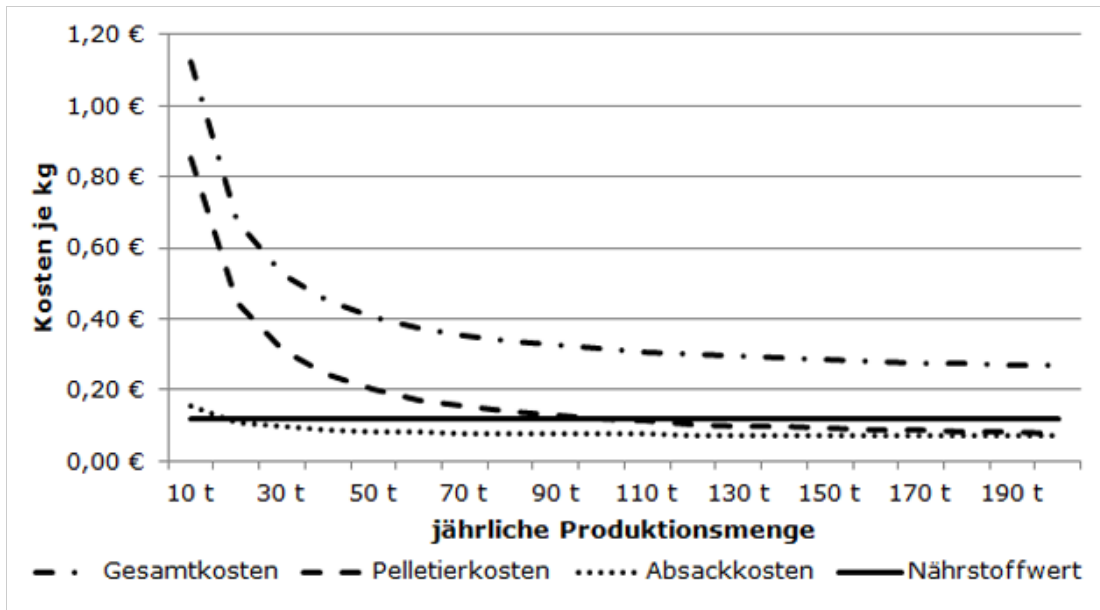


Abbildung 1: Herstellkosten eines Gartendüngers im Zehn-Kilogramm-Sack.

Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung.

4.2 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der mit der Vermarktung von getrockneten und pelletierten Gärresten als Gartendünger einhergehenden Investitionen wird im Folgenden eine Investitionsrechnung durchgeführt, indem der Kapitalwert, der interne Zinsfuß und die Amortisationszeit, also der Zeitraum, innerhalb dessen die Investitionssumme an den investierenden Betrieb zurückgeflossen ist (48), herangezogen werden. Diese Kenngrößen werden unter Zuhilfenahme eines Investitionsplanes ermittelt.

Im Investitionsplan werden alle durch die Investition ausgelösten Ein- und Auszahlungen aufgelistet. Kalkulatorische Größen müssen bei einer dynamischen Investitionsrechnung nicht angesetzt werden. Da sowohl die jährliche vermarktungsfähige Menge des Gartendüngers als auch der erzielbare Preis mit Unsicherheiten behaftet sind, erscheint es sinnvoll, verschiedene Investitionspläne aufzustellen. Die Absatzmenge wird von null bis 200 Tonnen in Zehn-Tonnen-Schritten variiert. Für den Preis wird angenommen, dass 50 Prozent der Menge in Zehn-Kilogramm-Säcken zu Preisen von 0,40 Euro, 0,50 Euro, 0,60 Euro oder 0,70 Euro je Kilogramm verkauft werden. Die andere Hälfte der Absatzmenge wird in 25-Kilogramm-Säcken für einen um jeweils 1,5 Cent günstigeren Kilopreis angeboten. Die Einzahlungen ergeben sich aus der jeweils verkauften Menge multipliziert mit den zugrunde gelegten Preisen. Im zehnten Jahr wird den Einzahlungen jeweils ein Restwert von 5.500 Euro für Pelletierer und Absackwaage hinzugerechnet. Opportunitätsverluste, etwa in Form von ersparten Auszahlungen für Nährstoffexporte, die sonst in anderer Form zu erfolgen hätten, werden nicht angesetzt.

Für die Berechnung der Auszahlungen wurden zu Beginn die Investitionskosten (69.634 Euro) veranschlagt. Sie setzen sich aus den Netto-Auszahlungen für die Pelletierstation (48.000 Euro) und deren Aufstellung (15.000 Euro) sowie den Investitionen in die Absackwaage (5.834 Euro) und eine Handnähmaschine (800 Euro) zusammen. Die abgesetzte Menge in Kilogramm wurde jeweils mit den variablen Pelletier- (gerundet 0,04 Euro pro Kilogramm) und Absackkosten (rund 0,05 Euro pro Kilogramm für den Zehn- und den 25-Kilogramm-Sack) veranschlagt. Für den Nährstoffwert wurden 0,12 Euro pro Kilogramm und für die Auslieferung pauschal 0,10 Euro pro Kilogramm angenommen.

Zur Berechnung des Kapitalwertes wird ein Zinssatz von fünf Prozent angenommen, da der Unternehmer das Eigenkapital in anderen Bereichen gewinnbringender als in Form einer risikofreien Geldanlage bei der Bank einsetzen könnte. Die sich für die unterschiedlichen Szenarien ergebenden Kapitalwerte sind in der Abbildung 2 abgebildet. Der Schnittpunkt mit der Abszisse entspricht der jährlichen Menge, ab derer die Gartendüngerherstellung für einen Biogasanlagenbetreiber ökonomisch lukrativ wird. Bei der Preisannahme 1 (0,40 Euro/0,39 Euro) liegt die kritische Menge bei 150,40 Tonnen, bei der Preisannahme 2 (0,50 Euro/0,49 Euro) bei 54,65 Tonnen, bei der Preisannahme 3 (0,60 Euro/0,59 Euro) bei 33,40 Tonnen und bei der Preisannahme 4 (0,70 Euro/0,69 Euro) bei 24,03 Tonnen. Es wird somit deutlich, dass die Investition unter den Preisszenarien zwei bis vier unter den getroffenen Annahmen schon bei verhältnismäßig geringen Produktionsmengen ökonomisch vorteilhaft ist.

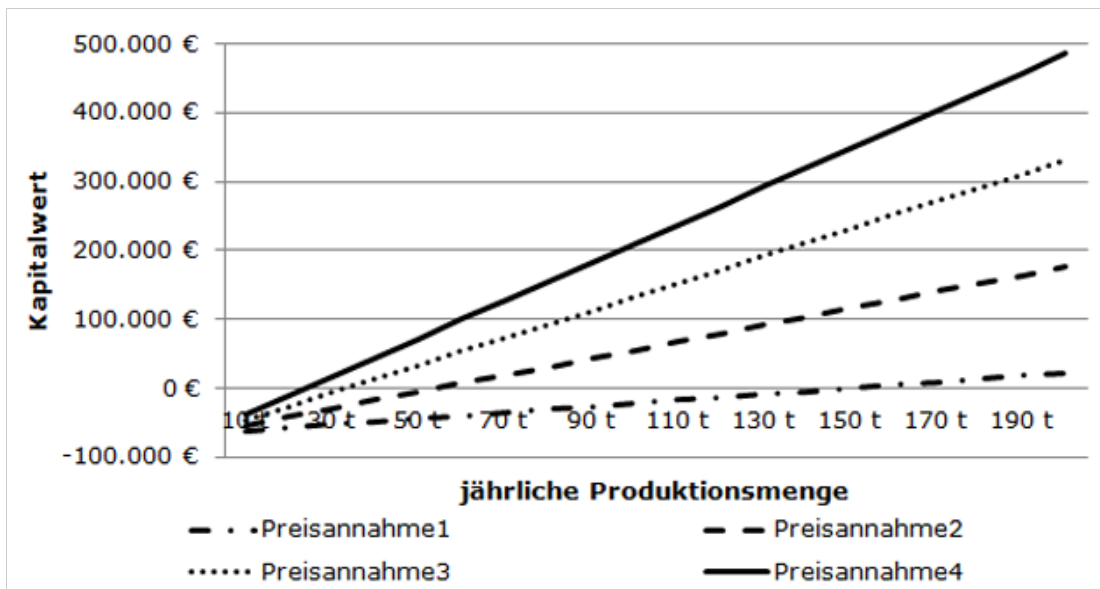


Abbildung 2: Ergebnisse der Kapitalwertberechnung.

Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung.

Der interne Zinsfuß wird in der Abbildung 3 für die verschiedenen Szenarien grafisch dargestellt. Er gibt an, wie hoch die interne Kapitalverzinsung der Investition ist. Laut internem Zinsfuß-Kriterium ist eine Investition rentabel, wenn der interne Zinsfuß über dem Kalkulationszinsfuß liegt. Zur Verdeutlichung ist der Kalkulationszinsfuß von fünf Prozent mitabgebildet. Die Schnittpunkte der Kurven für die verschiedenen Preisszenarien mit dem Kalkulationszinsfuß entsprechen der jährlichen Produktionsmenge, ab derer die Investition rentabel ist. Wie bei dem für das betrachtete Investitionsvorhaben typischen Verlauf der Kapitalwertkurve zu erwarten (48), entsprechen die Mengen, ab derer die Investition auf der Grundlage des internen Zinsfuß-Kriteriums rentabel erscheint, denen der Kapitalwertberechnung.

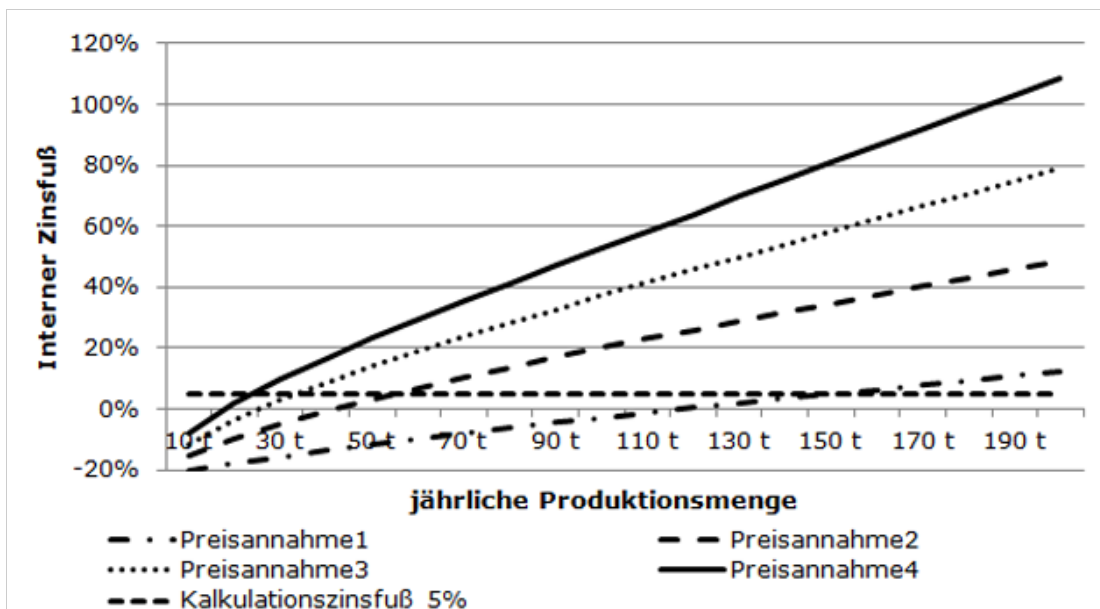


Abbildung 3: Ergebnisse der Berechnung des internen Zinsfußes.

Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung.

Abschließend wird noch die Amortisationszeit der Investition betrachtet. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in der Abbildung 4 dargestellt. Je höher die erzielbaren Preise und die jährliche verkaufte Menge sind, desto kürzer wird die Amortisationszeit. Für die Preisannahme 1 ergibt sich beispielsweise bei einer jährlichen Produktionsmenge von 150 Tonnen eine Amortisationszeit von acht Jahren. Kombinationen, in denen der Pay-Back innerhalb von zehn Jahren aufgrund einer zu geringen Menge oder eines zu niedrigen Preises nicht erreicht wird, wurden nicht dargestellt.

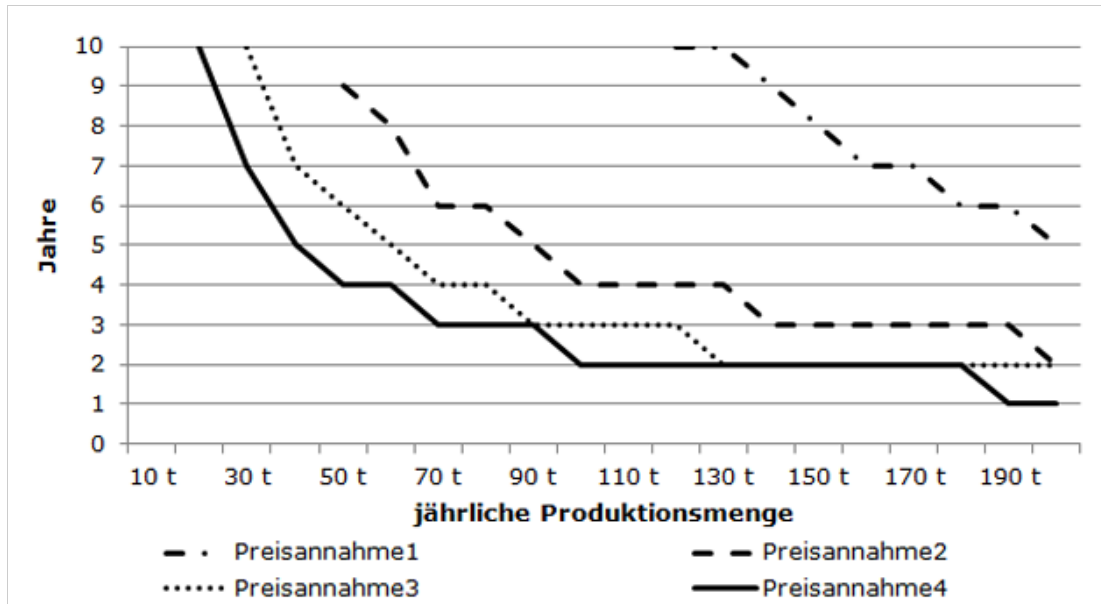


Abbildung 4: Berechnung der Amortisationszeit.

Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung.

5 Diskussion und Fazit

Die anstehende Novellierung der Düngeverordnung wird nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand dazu führen, dass insbesondere in durch hohe Vieh- und Biogasanlagendichte gekennzeichneten Nährstoffüberschussregionen die Aufbereitung von Gärresten aus der Biogaserzeugung und deren überregionale Verbringung oder außerlandwirtschaftliche Nutzung an Bedeutung gewinnen werden. Welche Optionen für die Nutzung von Gärresten bestehen, zeigt diese Studie auf.

Die derzeit gängigste Verwendung von Gärresten ist deren Nutzung als Felddünger. Während diese Form der Verwendung der Gärreste in Nährstoffbedarfsregionen auch in Zukunft am vorteilhaftesten sein wird, wird eine entsprechende Nutzung in Nährstoffüberschussregionen aufgrund der zu erwartenden Verschärfung der rechtlichen Vorgaben zunehmend problematischer. Auch die Vermarktung von Gärresten als Einstreualternative würde in viehreichen Nährstoffüberschussregionen nicht zu einer Reduzierung des Nährstoffanfalls beitragen. Die überregionale Vermarktung und damit die Verwendung der Gärreste als Einstreu in Nährstoffbedarfsregionen wäre hingegen eine mögliche Alternative. Hierzu ist jedoch wie bei der Verwendung der Gärreste als Brennstoff eine Separation der anfallenden Gärreste notwendig. Die damit verbundenen zusätzlichen Kosten können diese Option wirtschaftlich unattraktiv machen, sofern nicht bereits ein Separator an der Biogasanlage vorhanden ist. Wie bei der Nutzung als Brennstoff kommt hinzu, dass der eigentliche Wert der Gärreste, der Nährstoffwert, ungenutzt bleibt.

In Nährstoffüberschussregionen ist somit die Nutzung von Gärresten als Gartendünger eine interessante Option. Durch Erzielung höherer Preise im Vergleich zur Felddüngernutzung kann eine neue Einkommensquelle für die Biogaserzeuger erschlossen und zugleich eine außerlandwirtschaftliche, die Nährstoffbilanz entlastende Verwendung der Gärreste sichergestellt werden. Da Biogas in der Regel aus nachwachsenden Rohstoffen und gegebenenfalls Wirtschaftsdüngern aus der Tierhaltung erzeugt wird, könnte beim Absatz an Verbraucher die Vermarktung als nachhaltiger Gartendünger ein positives Verkaufsargument sein, wenn berücksichtigt wird, dass der Aspekt der Nachhaltigkeit für Kaufentscheidungen zunehmend an Bedeutung gewinnt (6).

Wie die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung gezeigt haben, ist die Attraktivität einer Investition in eine Gartendüngervermarktung stark von der abgesetzten Menge und den erzielbaren Verkaufspreisen abhängig. Hier ist stets zu berücksichtigen, dass der Markt jahreszeitlichen Schwankungen ausgesetzt ist und die Abgabe in kleineren Mengen beispielsweise an Gartenbesitzer mit Unwägbarkeiten verbunden ist. So ist speziell zu Beginn die Nachfrage nach dem aus Gärresten erzeugten Gartendünger nur schwer einzuschätzen. Es empfiehlt sich daher, die Kosten und damit die

Gewinnschwelle zunächst möglichst gering zu halten. Ein möglicher Ansatz wäre in diesem Zusammenhang, auf die Investition in einen eigenen Pelletierer zu verzichten und zunächst einen Leihpelletierer einzusetzen. Zudem muss der Absatz gesichert sein. Ein wichtiger Aspekt ist in diesem Zusammenhang der Abschluss langfristiger Lieferverträge mit den abnehmenden (Handels-)Unternehmen.

Im Zuge der anstehenden Novellierung der Düngeverordnung und der sich damit ändernden Bedingungen für die Biogaserzeugung kann davon ausgegangen werden, dass alternative Verwendungsmöglichkeiten zur Felddüngernutzung von Gärresten an Bedeutung gewinnen werden. Die Vermarktung als Gartendünger erscheint dabei als eine mögliche lukrative Option. Kritisch ist aber, inwieweit sich für den Gärrestgartendünger ausreichend Abnehmer finden lassen. Dieser Aspekt sollte in einer weiteren Studie sowohl für die Handelsstufe als auch die Ebene der Endverbraucher genauer untersucht werden. Dabei sollten die Anforderungen seitens der Endverbraucher, die Zahlungsbereitschaft für den Gartendünger aus Gärresten sowie allgemein die Akzeptanz des neuen Gartendüngers untersucht werden. Weiterhin sollten sich pflanzenbauliche Untersuchungen zur Wirkung der Gärrestdünger auf typische Gartenpflanzen anschließen.

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund der Novellierung der Düngeverordnung und der damit einhergehenden Änderung, dass alle organischen Dünger auf die Stickstoffobergrenze angerechnet werden, ist davon auszugehen, dass die außerlandwirtschaftliche Verwertung von Gärresten zukünftig zunehmen wird. Daher ist es das Ziel der vorliegenden Studie, mögliche Vermarktungsalternativen für Gärreste aufzuzeigen. Neben der gängigsten Form der Verwendung der Gärreste als Felddünger werden Alternativen wie die Verwendung als Einstreu, als Brennstoff oder als Gartendünger diskutiert. In dieser Studie liegt der Schwerpunkt der Betrachtung auf der Vermarktung von Gärresten als Gartendünger. Die Analysen zeigen, dass die Vermarktung als Gartendünger eine lukrative Alternative darstellt, sofern ausreichend große Mengen abgesetzt und ausreichend hohe Preise erzielt werden können. Da in Nährstoffüberschussregionen bereits hohe Entsorgungskosten für überschüssigen Nährstoff gezahlt werden, ist zu erwarten, dass insbesondere bei dort ansässigen Anlagenbetreibern das Interesse an dieser Alternative zunehmen wird. In Nährstoffbedarfsregionen wird hingegen die Nutzung als Felddünger der Status quo bleiben.

Summary

Fermentation residues to be marketed as garden fertilizers?

In view of the amendment of the Fertilizer Application Ordinance and the resulting change that all organic fertilizers will be counted towards the nitrogen cap, it can be assumed that non-agricultural use of fermentation residues from biogas plants will increase in the future. The aim of this study is therefore to identify possible marketing options for fermentation residues. Besides the most common form of use of fermentation residues as agricultural fertilizers, new alternatives such as the use as bedding in barns, as fuel, or as garden fertilizer are discussed. This study focuses on the marketing of fermentation residues as garden fertilizer. The analyses show that, depending on the sales volume and nutrient prices, the marketing of fermentation residues as garden fertilizer can be an economically interesting alternative. Since in nutrient surplus regions high disposal costs for excess nutrients are already paid, it is to be expected that particularly for biogas plant operators in those areas this alternative will be of heightened interest. In contrast, in regions characterized by nutrient deficits the use of fermentation residues as agricultural fertilizer will remain the status quo.

Résumé

Commercialiser les résidus de fermentation comme engrais pour jardin ?

En vue de l'amendement de l'ordonnance relative aux engrais et compte tenu du fait qu'il entrainera une prise en compte de tous les engrais organiques dans le plafond d'azote on peut s'attendre à une plus forte utilisation non-agricole des résidus de fermentation à l'avenir. Pour cette raison la présente étude a pour but d'identifier d'éventuelles alternatives de commercialisation des résidus de fermentation. En dehors de la forme la plus commune de l'utilisation comme engrais agricoles on discute actuellement d'autres options telles que l'utilisation en tant que litière, combustible ou engrais pour jardin. L'étude met l'accent sur la commercialisation des résidus de fermentation comme engrais pour jardin. Sur la base de quantités suffisantes et de prix adéquats celle-ci peut constituer une alternative intéressante du point de vue économique. Puisque, dans les régions à excédent en substances nutritives, les coûts relatifs à l'élimination du surplus de ces substances sont déjà élevés on peut s'attendre à un intérêt accru pour cette alternative de la part des exploitants d'installations de biogaz régionaux. Par contre, dans les régions à déficit en substances nutritives l'utilisation des résidus de fermentation comme engrais agricole restera le statu quo.

LITERATUR

1. AMAZON.COM, 2014: Produktverkauf "OSCORNA Animalin Gartendünger 20 kg". URL: ► <http://www.amazon.de/OSCORNA-Animalin-Gartend%C3%BCnger-20-kg/dp/B003ANMU2U> (Abrufdatum: 08. Juli 2014).
2. BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft), 2014: Verordnungsentwurf zur Neuordnung der guten fachlichen Praxis beim Düngen. URL: ► http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Service/Rechtsgrundlagen/Entwuerfe/EntwurfDuengeverordnung.pdf;jsessionid=0F1A6256BF2C62D3294C7E01F3B2D830.2_cid391?__blob=publicationFile (Abrufdatum: 11. August 2015).
3. BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), 2002: Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002.
4. BRAUCKMANN, H.-J.; HERING, J.; BROLL, G., 2014: Nährstoffgehalte und Biogaserträge separierter Gülle. In: GUENTHER-LÜBBERS, W.; KRÖGER, R.; THEUVSEN, L. (Hrsg.): Nährstoffmanagement von Wirtschaftsdüngern und Gärresten – Ökonomie, Ökologie, Technik und Logistik. Göttingen: 43-56.
5. BGK (BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST E.V.), 2014: Düngemittelpreise 2014. Mail-Auskunft vom 18. August 2014.
6. CHRISTEN, O.; DEUMELAND, P.; ERDLER, K.; PACKEISER, M.; REINICKE, F.; VON DANIELS-SPANGENBERG, H., 2013: Nachhaltiger Ackerbau – Effizienz steigern, Image pflegen, Ressourcen schonen. DLG Merkblatt 369. URL: ► http://www.nachhaltige-landwirtschaft.info/fileadmin/downloads/pdf/dlg-merkblatt_369.pdf (Abrufdatum: 16. August 2015).
7. DBFZ (DEUTSCHES BIOMASSEFORSCHUNGSZENTRUM GMBH), 2014: Stromerzeugung aus Biomasse. Zwischenbericht Juni 2014. URL: ► https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Berichte/Monitoring_ZB_Mai_2014.pdf (Abrufdatum: 24. Juli 2015).
8. DEUTSCHER ENERGIEHOLZ- UND PELLET-VERBAND E.V. (DEPV), 2014: Homepage des deutschen Energieholz- und Pellet-Verbands e.V. URL: ► http://www.depv.de/de/home/marktdaten/pellets_preisentwicklung/ (Abrufdatum: 04. Juni 2014).
9. DIEDRICH, T., 2008: Sack schlägt Eimer. P&A November 2008: 72.
10. DITTRICH, B., 2013: Düngemittelrechtliche Kennzeichnung. URL: ► http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/Info_Kennzeichnung_.pdf (Abrufdatum: 14. August 2014).
11. DORSET UPDATE, 2013: Wärmenutzung zur Trocknung von Biomasse: Organischer Dünger, Brennstoff und Einstreu. URL: ► <http://www.dorset.nu/wp-content/uploads/2015/10/Dorset-DE-53-Update.pdf> (Abrufdatum: 18. Dezember 2015).
12. DÜMV (Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln – Düngemittelverordnung (DüMV)) vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2482), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 27. Mai 2015 (BGBl. I S. 886) geändert worden ist. URL: ► http://www.gesetze-im-internet.de/d_mv_2012/ (Abrufdatum: 18. Dezember 2015).
13. DÜNGG (Düngegesetz) vom 9. Januar 2009 (BGBl. I S. 54, 136), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15. März 2012 (BGBl. I S. 481) geändert worden ist. URL: ► http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/d_ngg/gesamt.pdf (Abrufdatum: 20. August 2015).
14. EBAY INC., 2014: Beispielhaft angebotener NPK-Dünger. URL: ► http://www.ebay.de/itm/NPK-DUNGER-DUNGER-RASENDUNGER-VOLLDUNGER-15-15-15-25-kg-0-80-kg-/181115881855?pt=LH_DefaultDomain_77&hash=item2a2b59097f (Abrufdatum: 08. Juli 2014).
15. EG-DÜMV (Verordnung (EG) Nr. 2003/2003 des europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2013 über Düngemittel (ABl. L 304 S. 1), die zuletzt durch die Verordnung (EU) Nr. 463/2013 der Kommission vom 17. Mai 2013 (ABl. L. 134 S. 1) geändert worden ist. URL: ► <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=URISERV:I21278> (Abrufdatum: 18. Dezember 2015).
16. EG VERORDNUNG NR. 889/2008: Durchführungsverordnung mit Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen hinsichtlich der ökologischen/biologischen Produktion, Kennzeichnung und Kontrolle. URL: ► http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/OekologischerLandbau/889_2008_EG_Durchfuehrungsbestimmungen.html (Abrufdatum: 16. April 2015).
17. ENNS, E., 2014: Experteninterview.

18. GEHRING, A., 2013: Mikrobiologische Untersuchungen von Einstreu aus separierter Gülle in einem Milchviehbestand. Masterarbeit am Institut für Umwelt- und Tierhygiene an der agrarwissenschaftlichen Fakultät der Universität Hohenheim. Stuttgart-Hohenheim.
19. GUENTHER-LÜBBERS, W.; BRAUCKMANN, H.-J.; GELDERMANN, J.; BROLL, G.; THEUVSEN, L., 2014: Nachhaltige Biomassennutzung in Biogasanlagen auf der Grundlage der Wirtschaftsdüngerpotenziale in Niedersachsen – "Bauernhof Niedersachsen". Bericht für das Niedersächsische Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung. Hannover.
20. HAMM, U., 1991: Landwirtschaftliches Marketing: Grundlagen des Marketing für landwirtschaftliche Unternehmen. Stuttgart.
21. KOMPETENZENTRUM ÖKOLOGISCHER LANDBAU RHEINLAND-PFALZ, 2011: Merkblatt. Einsatz konventioneller Wirtschaftsdünger in ökologisch wirtschaftenden Betrieben. URL: ► [http://www.oekolandbau.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/7a75359eb78f3909c1256f4e003d39bc/db62f30c3db14f26c12578250038952d/\\$FILE/konventionelle%20Wirtschaftsd%C3%BCnger%20in%20%C3%96ko-Betrieben%2001_2011.pdf](http://www.oekolandbau.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/7a75359eb78f3909c1256f4e003d39bc/db62f30c3db14f26c12578250038952d/$FILE/konventionelle%20Wirtschaftsd%C3%BCnger%20in%20%C3%96ko-Betrieben%2001_2011.pdf) (Abrufdatum: 16. April 2015).
22. KOWALEWSKY, H.-H., 2009: Güllefeststoffe in Biogasanlagen einsetzen – Überprüfung der Separierung und Vergärung. Unveröffentlichter Bericht.
23. KRÖGER, R.; THEUVSEN, L., 2013: Separation of cattle slurry: Technical solutions and economic aspects. In: First International Conference on Resource Efficiency in Interorganizational Networks – ResEff 2013. Göttingen: 453-464.
24. KRÖGER, R.; THEUVSEN, L.; KONERDING, J. R., 2014: Güllefeststoffe als Gärsubstrat für Biogasanlagen – Ergebnisse einer empirischen Erhebung unter Biogasanlagenbetreibern. In: Berichte über Landwirtschaft, Band 92, Heft 3. URL: ► <http://dx.doi.org/10.12767/buel.v92i3.58.g139> (Abrufdatum: 10. August 2015).
25. KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft), 2013: Faustzahlen Biogas. 3. Auflage. Darmstadt.
26. LANDMASCHINEN NEUHAUS, 2014: Angebotene Absackwaage im Internet. URL: ► <http://www.shop.landmaschinen-neuhaus.de/angebot/absackwaagen-buerstmaschinen-verlesetische-foerdertechnik/absackwaagen/absackwaage-fur-pellets-getreide-granulat-etc1.html> (Abrufdatum: 26. Juli 2014).
27. LINHART, E.; DHUNGEL, A.-K., 2013: Das Thema Vermaischung im öffentlichen Diskurs. In: Berichte über Landwirtschaft, Band 91, Heft 2. URL: ► <http://dx.doi.org/10.12767/buel.v91i2.22> (Abrufdatum: 11. August 2015).
28. MEFFERT, H.; BURMANN, C.; KIRCHGEORG, M., 2008: Marketing. Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung. Konzepte – Instrumente – Praxisbeispiele. 10. Auflage. Wiesbaden.
29. MEYER-REINERS, U., 2014: Experteninterview.
30. MUSSHOF, O.; HIRSCHAUER, N., 2010: Modernes Agrarmanagement. München.
31. NADU NATURDÜNGER, 2014: Homepage NADU Naturdünger. URL: ► <http://www.nadu-naturduenger.de/startseite/> (Abrufdatum: 03. Februar 2014).
32. OBI GMBH & CO. DEUTSCHLAND KG, 2014: Dünger. URL: ► http://www.obide.com/category/-Garten_%26_Freizeit/Duenger_%26_Erden/Duenger/1873 (Abrufdatum: 26. Juni 2014).
33. QALOVIS, 2014: Angebot, Produktinformationen und Aufstellbedingungen für eine Pelletierstation von der Qalovis GmbH per Email zugesandt.
34. RAUSSEN, T.; LOOTSMA, A., 2008: Verfahren der Gärrestaufbereitung. In: KERN, M.; RAUSSEN, T.; WAGNER, K. (Hrsg.): Weiterentwicklung der biologischen Abfallbehandlung II. HeRo Schriftenreihe, Band 3: 259-278.
35. SÄCKE HINRICHS, 2014: Angebot Nr. AN1427262 vom 07. August 2014 von der Säcke Hinrichs GmbH.
36. SCHWARZKOPF, K., 2014: Hygienisch-mikrobiologische Untersuchungen von Kompostställen und Einstreumaterialien aus Gärresten und Kompost. Masterarbeit am Institut für Umwelt- und Tierhygiene sowie Tiermedizin und Tierklinik an der agrarwissenschaftlichen Fakultät der Universität Hohenheim.
37. STAFFEL, S., o. J.: Verwertung von Gärresten als Einstreu. URL: ► <http://www.alb-hessen.de/downloads/Vortrag-Staffel.pdf> (Abrufdatum: 11. August 2015).
38. STEIN, C., 2006: Finanzielle Rahmenbedingungen für die energetische Biomassennutzung. In: Informationen zur Raumentwicklung. Heft 1/2. 2006: 7-13. URL: ► http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/IzR/2006/Downloads/1_2Stein.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (Abrufdatum: 15. April 2015).

39. TAUBE, F.; SCHÜTTE, J.; KLUSS, C., 2013: Auswirkungen der Berücksichtigung von Gärresten auf den Anfall organischer Dünger in einer novellierten Düngeverordnung – dargestellt am Beispiel Schleswig-Holstein. Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 219, Berlin. URL: ► <http://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/29> (Abrufdatum: 20. Januar 2015).
40. THEUVSEN, L.; GUENTHER-LÜBBERS, W., 2015: Regionaler Nährstoffausgleich – Ergebnisse des Projekts "Bauernhof Niedersachsen". In: Tagungsband zur KTBL-FNR-Tagung am 22. und 23. September 2015 in Potsdam (im Druck).
41. THÜNEN-ATLAS, 2014: Interaktive Karten zur landwirtschaftlichen Nutzung. URL: ► <https://gdi.ti.bund.de/lr/agraratlas/> (Abrufdatum: 24.07.2015).
42. TOP AGRAR, 2011: Mit Gärresten die Liegeboxen einstreuen? In: top agrar 3/2011: R36 – R40.
43. WEILAND, P., 2010: Flaschenhals Gärrestverwertung. Schriftliche Ausführung zum Vortrag während des Symposiums "Aufbereitung von Gärresten" und Vorstellung der Studie "AD+plus" am 30. September 2010: 1-12, Universität für Bodenkultur (Hrsg.), Tulln, Österreich. URL: ► http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn047034.pdf (Abrufdatum: 23. Juli 2015).
44. WETTER, C.; BRÜGGING, E., 2006: Machbarkeitsstudie zur Verwertung von Gärresten aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Fachhochschule Münster.
45. WÜSTHOLZ, R. F., 2014: Ökologische Erfordernisse und ökonomische Auswirkungen ordnungsrechtlicher Veränderungen bezüglich des Nährstoffeinsatzes in der Landwirtschaft im Kontext der europäischen Nitrat- und Wasserrahmenrichtlinie. Dissertation Universität Hohenheim.
46. WÜSTHOLZ, R.; AUBURGER, S.; BAHRS, E., 2014: Exemplarische Auswirkungen durch die Anrechnung von Gärresten pflanzlicher Herkunft auf die N-Ausbringungsobergrenze. In: In: GUENTHER-LÜBBERS, W.; KRÖGER, R.; THEUVSEN, L. (Hrsg.): Nährstoffmanagement von Wirtschaftsdüngern und Gärreste – Ökonomie, Ökologie, Technik und Logistik. Göttingen: 9-28.
47. ZENG, T.; BÜCHNER, D.; BISCHOFF, J.; SCHNEIDER, A., 2012: Beurteilung der thermischen Nutzung von Biomassepellets aus Gärresten. URL: ► https://www.dbfz.de/fileadmin/MixBioPells/publications/regional_activities/Endbericht_Nutzung_G%C3%A4rreste_geschuetzt_1_.pdf (Abrufdatum: 18. Dezember 2015).
48. ZIMMERMANN, G., 2002: Investitionsrechnung: Eine fallorientierte Einführung. 2. Auflage. München.
49. ZSCHACHE, U.; VON CRAMON-TAUBADEL, S.; THEUVSEN, L., 2010: Öffentliche Deutungen im Bioenergiediskurs: eine qualitative Medienanalyse. In: Berichte über Landwirtschaft, 88: 502-512. URL: ► http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Service/BerichteLandwirtschaft/2010_Heft3_Band88.pdf?__blob=publicationFile (Abrufdatum: 20. Oktober 2014).

Autorenanschrift

Dr. Rhena Kröger
Markus Reckermann
Dr. Christian Schaper
Prof. Dr. Ludwig Theuvsen
Georg-August-Universität Göttingen
Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung (DARE)
Platz der Göttinger Sieben 5
37073 Göttingen

E-Mail: ► theuvsen@uni-goettingen.de.