

Düngemittelwert österreichischer Gärprodukte

Fertilizer value of Austrian digestates

Sandra Uschnig¹ und Bernhard Stürmer^{2,*}

¹ Kompost & Biogas Verband Österreich

² Hochschule für Agrar- und Umweltpädagogik, Wien, Österreich

*Correspondence to: bernhard.stuermer@haup.ac.at

Received: 11 Oktober 2018 – Revised: 01 April 2019 – Accepted: 15 April 2019 – Published: 20 Dezember 2019

Zusammenfassung

Gärprodukte stellen einen wertvollen Dünger dar. Diese werden in Österreich großteils an die Landwirte abgegeben, welche Substrate an die Biogasanlagen liefern. Infolgedessen gibt es keinen „Marktpreis“ für die Gärprodukte, allerdings ist es eine interessante Möglichkeit, diese teilweise zu angemessenen Preisen Inverkehr zu bringen. Für diesen Beitrag wurden mittels linearer Optimierung Äquivalenzpreise für Gärprodukte bestimmt und die rechtlichen Voraussetzungen für das Inverkehrbringen untersucht. Generell können Gärprodukte als Dünger anerkannt werden. Alle für diesen Beitrag betrachteten Biogasanlagen erfüllen die Bedingungen. Der berechnete Preis entspricht beim Großteil der Gärprodukte 3-8 €/t.

Schlagerworte: Gärprodukte, Biogas, Düngemittelwert

Summary

Digestate represents a valuable fertilizer. In Austria, digestate is mainly returned to the farmers who deliver substrates to the biogas plants. Thus, no market price exists for digestate although it is an interesting opportunity to put it into circulation at appropriate prices. In this article, equivalence prices for digestate were determined with a linear optimization. Moreover, the legal requirements for placing them on the market were investigated. In general, it is possible to approve digestate as fertilizer – all for this article considered biogas plants meet the preconditions. The calculated price is for the majority of all digestates between 3 and 8 €/t.

Keywords: digestate, biogas, fertilizer value

1 Einleitung

Es ist unausweichlich, dass im Zuge der Biogaststehung auch das ausgegorene Substrat, der Fermentationsrückstand bzw. das Gärprodukt, als Endprodukt anfällt (vgl. Fuchs und Drosig, 2010). Die österreichischen Biogasanlagen produzieren jährlich etwa 1,3 Mio. t Gärprodukte (vgl. Sinabell und Stürmer, 2012). Durch deren Nutzung als Dünger können Treibhausgasemissionen verringert werden und 60.000 Tonnen CO₂-Äquivalente eingespart werden, welche vor allem bei der Stickstoffdüngerproduktion anfallen (vgl. Stürmer, 2016). Je nach Art der in der Biogasanlage eingesetzten Substrate wird zwischen Biogasgülle (ausschließlich Ausgangsmaterialien aus der landwirtschaftlichen Urproduktion) und

Gärrückstand (biogene Abfälle) unterschieden (vgl. Pfundner, 2007). Die Hauptnährstoffe im Gärprodukt sind Stickstoff, Phosphor und Kalium. Gärprodukte bewirken eine Verbesserung der organischen Bodensubstanz, da sie über Huminstoffe und langsam zersetzbares organisches Material verfügen, welches die Humusbildung des Bodens anregt und zur Aggregatstabilität sowie zur Wasser- sowie Nährstoffspeicherung beiträgt (vgl. Fuchs und Drosig, 2010).

Stickstoff liegt im Gärprodukt sowohl in organisch gebundener als auch in gelöster Form, hauptsächlich als Ammonium, vor. Das Ammonium ist direkt pflanzenverfügbar und ist von der Wirkung mit Mineraldünger vergleichbar. In der organischen Substanz ist der Stickstoff stabil gebunden und reichert sich über die Jahre im Boden an. Der höhere

Ammoniumgehalt in Kombination mit höheren pH-Werten kann bei der Ausbringung Verluste in Form von Ammoniak nach sich ziehen. Das bedeutet einerseits Emissionen, die in die Luft freigesetzt werden und andererseits eine reduzierte Düngewirkung (Fuchs und Drosch, 2010). Daher ist bei der Ausbringung von Gärprodukten besonders auf die Ausbringungstechnik (bodennahe Ausbringung, Güllegrubber, Bodeninjektion) zu achten.

Bei den Feldversuchen zur Düngung mit Gärprodukten von Reinhold und Zorn (2015) konnte weder Bodenversauerung noch Änderungen in der Kationenbelegung am Sorptionskomplex des Bodens beobachtet werden. Sie stellten fest, dass bei geringerer C-Zufuhr, annähernd dieselbe Erhöhung an Kohlenstoff im Boden vorzufinden ist, wie bei einem Rohgülleinsatz. Außerdem wurde festgestellt, dass bei gleich hoher Stickstoff Zufuhr, bei Gärprodukten ein größerer Ertrag erzielt wurde als bei der Rindergülldüngung. Dies wurde auf den höheren Ammonium-Anteil zurückgeführt.

Liebetrau et al. (2016) erklärten, dass der Nährstoffgehalt der Gärprodukte von den eingesetzten Substraten abhängt. Die Nährstoffkonzentrationen der Gärprodukte liegen unter jenen von konventionellen Düngemitteln, sind aber andererseits zu hoch, um die Gärprodukte unbeschränkt ausbringen zu können. Daher werden Gärprodukte oft als Rückstände gesehen, „die man loswerden muss“, anstatt sie als wertvollen Dünger zu sehen. Diese Ansicht könnte sich ändern, wenn die Preise für Düngemittel in Zukunft steigen. Allerdings können Gärprodukte meist nicht mit gleicher Kosteneffizienz wie Mineraldünger ausgebracht werden. Die Vermarktung der Gärprodukte wird aus unterschiedlichen Gründen notwendig, etwa wenn ein Nährstoffüberschuss in der Region vorhanden ist, der Anlagenbetreiber keine ausreichenden Flächen zur Ausbringung zur Verfügung hat oder auch um neue Marktnischen zu bedienen (Dahlin et al., 2015).

Derzeit wird der Großteil der Gärprodukte in Österreich kostenlos an die Landwirte abgegeben, welche die Substrate für die Biogaseinspeisung bereitstellen. Infolgedessen ersetzen Gärprodukte zu einem gewissen Anteil Mineraldünger beziehungsweise auch Wirtschaftsdünger bei viehlosen Betrieben. Durch die meist unentgeltliche Weitergabe der Fermentationsrückstände an Landwirte gibt es keinen Marktpreis für diese. Für Biogasanlagenbetreiber stellt die Vermarktung von Gärprodukten aus ökonomischen Gründen, aufgrund mangelnden Lagerplatzes und zu geringer Flächen zur Ausbringung eine interessante Möglichkeit dar. Dieser Beitrag beschäftigt sich daher mit der Thematik, ob und wie Gärprodukte als Düngemittel in Verkehr gebracht werden können. In weiterer Folge stellt sich die Frage, über welchen Nährstoffgehalt und, demzufolge, Düngewert dieselben besitzen und welche Äquivalenzpreise für Gärprodukte erzielt werden können.

2 Methodik

Dazu wurde eine Literaturrecherche zu dem rechtlichen Rahmen sowie zu den Voraussetzungen für das Inverkehr-

bringen von Gärprodukten durchgeführt. Die Anforderungen an das Inverkehrbringen von Gärprodukten, sind insbesondere im Düngemittelgesetz (DMG) 1994 (BGBl. Nr. 513/1994 i.d.F. BGBl. I Nr. 58/2017) und in der Düngemittelverordnung (DMVO) 2004 (BGBl. II Nr. 100/2004 i.d.F. BGBl. II Nr. 181/2014) verankert. Zur Ermittlung der Äquivalenzpreise von Gärprodukten wurde die lineare Optimierung (mittels Excel Solver) angewandt. Vorhandene Preise für Gärprodukte werden häufig über die Reinnährstoffpreise berechnet, daher wurde hier eine andere Methode gewählt. Die Hauptnährstoffe im Gärprodukt sind Stickstoff, Phosphor und Kalium. Für die ökonomische Bewertung wurden 553 Untersuchungsergebnisse von 157 österreichischen Biogasanlagen aus den Jahren 2014 bis 2018 herangezogen (eigene Umfrage im 1. Halbjahr 2018). Im Zuge der Optimierung, wurde der Nährstoffgehalt der Gärprodukte, Gesamt-N, den K_2O und dem P_2O_5 , mit den Nährstoffgehalten zwölf ausgewählter Handelsdünger verglichen und aus deren Marktpreisen, abhängig von dem durch das Programm ausgewählten Handelsdüngermix, ein Marktpreis je Gärprodukt ermittelt. Es wurde eine Optimierung für jedes Gärproduktanalyseergebnis durchgeführt, d. h. ein Vergleich mit allen Handelsdüngern je Untersuchungsergebnis. Als Vergleich dienen 12 handelsübliche Mineraldünger (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Vergleichsdüngemittel für die lineare Optimierung (nach AMA 2018)

	Preis [€/t]	N_{ges}	P_2O_5	K_2O
		%		
Kalkammonsalpeter	184,7	27		
Harnstoff	303,1	46		
Hyperkorn	263,1		26	
Triplephosphat	332,7		46	
Kali 60	318,2			60
Diammonphosphat	407,1	18	46	
PK Dünger 0/15/30	380,5		15	30
PK Dünger 0/12/20	225,0		12	20
Volldünger 15/15/15	298,8	15	15	15
Volldünger 6/10/16	286,7	6	10	16
Volldünger 20/8/8	286,7	20	8	8
Volldünger 12/10/15	305,8	21	10	15

Mit einem linearen Optimierungsmodell (vgl. Eder et al., 2000) werden die kostengünstigsten Düngemittelmischungen für die Äquivalenzpreise der Gärprodukte aller betrachteter Anlagen errechnet. In der Zielfunktion werden die Kosten (c) der Düngemittelmischung minimiert, sodass die Nährstoffgehalte der Gärprodukte (b_j) mindestens erfüllt sind. Es gibt 12 alternative Düngemittel (i), die mit drei verschiedenen Nährstoffgehalten (j) in Form einer Koeffizientenmatrix (A_{ij}) beschrieben sind. Die alternativen Düngemittel haben Marktpreise (p_i), wobei die Düngemittelmengen

(x_i) optimiert werden, sodass die resultierende Düngemittel-mischung kostenminimal ist, wie Formel 1 beschreibt.

Formel 1: Zielfunktion und Nebenbedingungen lineare Optimierung

$$\begin{aligned} \min_x c &= \sum_i (p_i x_i) \\ \text{s.t.} \quad \sum_j (A_{i,j} x_j) &\geq b_i \quad \text{für alle } i \end{aligned}$$

Da die Nebenbedingungen erfüllt werden müssen, werden nur bestimmte Düngemittel aus der Auswahl der 12 mineralischen Handelsdünger vom Solver zur Berechnung herangezogen. Die Restlichen finden nicht Eingang in die Alternativ-Düngemittelmischung, während die ausgewählten Dünger die Vergleichs-Dünger-Mischung bilden. Diese verfügt über mindestens denselben Nährstoffinhalt wie das jeweilig betrachtete Gärprodukt.

3 Ergebnisse

3.1 Rechtlicher Rahmen zur Inverkehrbringung von Düngemitteln

Entsprechend dem DMG 1994 ist unter Inverkehrbringen das Verkaufen sowie sonstiges Überlassen im geschäftlichen Verkehr zu verstehen. Düngemittel dürfen in Verkehr gebracht werden, wenn sie bestimmte Mindestanforderung erfüllen und bei sachgerechter Anwendung die Fruchtbarkeit des Bodens, die Gesundheit von Menschen und Tieren und den Naturhaushalt nicht gefährden (§6 Abs. 2 DMG 1994). Außerdem müssen sie das Wachstum von Pflanzen fördern, die Qualität der gedüngten Pflanzen verbessern und/oder den Ertrag der gedüngten Pflanzen erhöhen. Das Vorhandensein von Schadstoffen in Düngemitteln könnte die Fruchtbarkeit des Bodens, die Gesundheit von Mensch und Haustier oder den Naturhaushalt gefährden. Dementsprechend sind vom Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz Grenzwerte für bestimmte Stoffe festgelegt: für Blei (100 mg/kg TM), Cadmium (3 mg/kg TM), Chrom (100 mg/kg TM), Nickel (100 mg/kg TM) und Quecksilber (1 mg/kg TM) (vgl. Pfundtner, 2007). Unter den hygienischen Parametern wird in der DMVO 2004 bestimmt, dass *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Campylobacter* sp. und *Listeria monocytogenes* in 50g Probe nicht nachweisbar sein dürfen. In Abfallanlagen werden diese Hygieneparameter standardmäßig analysiert, bei Biogasanlagen auf Basis von Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger (NAWARO-Anlagen) wird die Überprüfung stichprobenartig von der zuständigen Behörde (Bundesamt für Ernährungssicherheit) durchgeführt. Gärprodukte von NAWARO Anlagen können laut DMG 1994 und DMVO 2004 als organischer Dünger (Typ 8) oder als Biogasgülle (Typ 9) als Düngemittel zugelassen werden. Um als Biogasgülle anerkannt zu werden, muss mindestens 50% organische Substanz in der Trockenmasse vorhanden sein. Zudem

muss einer der Mindestgehalte an Makronährstoffen in der Frischmasse (2 kg N/t; 1 kg P_2O_5 /t; 3 kg K_2O /t) erreicht werden. Das Gärprodukt enthält in etwa die gleiche Nährstoffmenge wie die Ausgangsmaterialien, wobei der Fermentationsrückstand, durch die Vermischung in den Fermentern die Summe der Nährstoffe der einzelnen Substrate enthält. Allerdings können die Nährstoffkonzentrationen stark variieren, je nach Eingangsmaterialien und Mischungsverhältnis (vgl. Pfundtner, 2007). Es besteht auch die Möglichkeit, Düngemittel per Bescheid zuzulassen (§9a DMG). Dadurch können Düngemittel, welche nicht in der DMVO 2004 genannt sind, durch die Behörde zugelassen werden. Sofern die Mindestanforderungen erfüllt werden und die oben genannten Bereiche (§6 Abs. 2 DMG) nicht gefährden, sowie die Grenzwerte von Schadstoffen nicht überschreiten.

Es muss bereits bei der Planung einer Biogasanlage bedacht werden, ob genug Flächen zur Ausbringung des Gärproduktes vorhanden sind (vgl. Fuchs und Drosch, 2010). Denn, es müssen die Beschränkungen hinsichtlich maximaler Stickstoff- und ggf. Phosphormengen beachtet werden: Laut §32 Abs. 2 Lit. f Wasserrechtsgesetz 1959 (BGBl. Nr. 215/1959 i.d.F. BGBl. I Nr. 44/201) bedarf die Ausbringung von Handelsdünger, Klärschlamm, Kompost und weiterer zur Düngung ausgebrachten Abfällen, einer Bewilligung, wenn die Menge auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ohne Gründeckung 175 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr, auf landwirtschaftlichen Nutzflächen mit Gründeckung inklusive Dauergrünland und stickstoffzehrenden Fruchtfolgen 210 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr übersteigt. Ein weiterer wichtiger Punkt des Aktionsprogrammes Nitrat 2016 (CELEX Nr. 391L0676 i.d.F. BGBl. II Nr. 260/2014) ist das Ausbringungsverbot von Biogasgülle und Gärückständen zwischen 30. November und 28. Februar des Folgejahres auf Dauergrünland und Wechselwiese sowie zwischen 15. Oktober bis 15. Februar des Folgejahres für alle übrigen landwirtschaftlichen Nutzflächen.

3.2 Analyseergebnisse Gärprodukte

Ein Vergleich mit den oben genannten Grenzwerten wird im Folgenden dargestellt. Tabelle 2 veranschaulicht die Konzentrationen der Schwermetallgehalte aus den Analyseergebnissen.

Aus allen Untersuchungsergebnissen konnte je einmal der Grenzwert für Chrom und Nickel nicht eingehalten werden. Da nicht für alle der 553 Untersuchungsergebnisse Schwermetalluntersuchungen vorliegen, sind die in Tabelle 2 genannten Stichprobenumfänge entsprechend geringer.

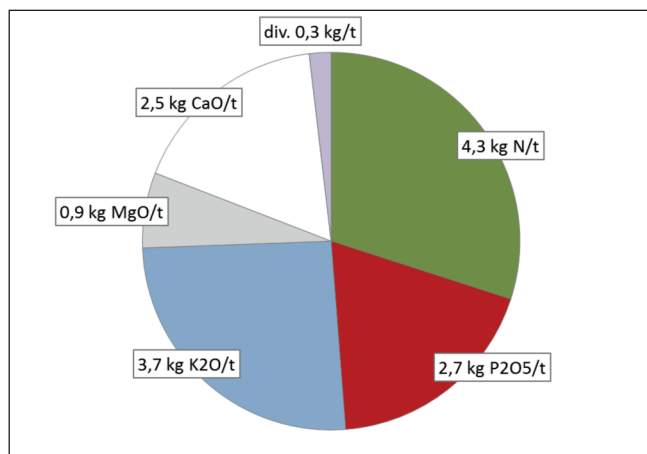
Der Mittelwert der organischen Trockensubstanz beträgt bei den betrachteten Analyseergebnissen 69,3 % und liegt damit deutlich über den rechtlichen Anforderungen. Wie Abbildung 1 veranschaulicht, werden die geforderten Mindestgehalte an Nährstoffen im Durchschnitt jedenfalls erfüllt. Von den 553 Gärprodukten konnten 27 den Mindestgehalt von 2 kg N/t, 77 den Mindestgehalt von 1 kg P_2O_5 /t und 148 den Mindestgehalt von 3 kg K_2O /t nicht erreichen, wobei sich diese auch überschneiden.

Tabelle 2: Schwermetallkonzentrationen betrachteter Anlagen

Schwermetall	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg
Mittelwert:	8,6	0,4	14,5	16,1	0,1
Standardabweichung:	11,9	0,3	13,0	18,3	0,1
unteres Quartil:	2,9	0,2	6,0	8,0	0,0
Median:	5,1	0,4	12,0	11,0	0,0
oberes Quartil:	10,0	0,5	19,0	16,1	0,1
Grenzwert:	100,0	3,0	100,0	100,0	1,0
n=	185	182	191	191	176

Quellen: Eigene Erhebung, Pfundtner 2007.

Abbildung 1: Durchschnittlicher Nährstoffgehalte von Gärprodukten (n=530)



Ausgehend von den rund 1,3 Mio. t österreichischen Gärprodukten (vgl. Sinabell und Stürmer, 2012) und dem durchschnittlichen Nährstoffgehalt aus Abbildung 1, kann auf die Gesamt-Nährstoffmenge näherungsweise hochgerechnet werden. Das Ergebnis ist in Tabelle 3 dargestellt und den 2016 abgesetzten Handelsdüngermengen gegenübergestellt.

Tabelle 3: Jahresmengen Gärprodukte und Handelsdünger

Nährstoff	N _{ges}	P ₂ O ₅	K ₂ O
Nährstoffmenge [t/J]	5.590	3.510	4.810
Handelsdünger [t/J]	132.031	35.389	34.869
Anteil Gärprodukte [%]	4,23	9,92	13,79

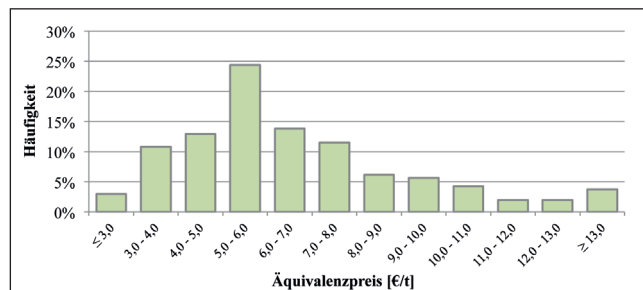
Quellen: Eigene erweiterte Darstellung in Anlehnung an Stürmer, 2016 und AMA, 2019.

3.3 Düngemittelwert der Gärprodukte

Der Düngemittelwert hängt von dem Nährstoffgehalt der eingespeisten Substrate ab, wobei die üblichen Nährstoffkonzentrationen im Vergleich zu mineralischen Düngemitteln gering sind (vgl. Liebetrau et al., 2016). Die lineare

Optimierung ergab Preise zwischen 0,12 und 29,61 €/t Gärprodukt. Am häufigsten lag der Preis im Bereich von 3 und 8 €/t, wie in Abbildung 2 ersichtlich.

Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung der Gärproduktpreise



Quellen: Eigene Berechnung.

Der mittlere Äquivalenzpreis über alle Gärprodukte entsprach 6,7 €/t, während sich der Median auf 5,9 €/t belief. Alle Vergleichsdüngermischungen setzten sich in den Optimierungen aus Kornkali (60 % K₂O), Harnstoff (46 % N) und Diammonphosphat (18 % N, 46 % P₂O₅) zusammen. Gemittelt über alle Lösungen ergab sich eine Mischung folgender Zusammensetzung: 37 % Harnstoff : 33 % Kornkali : 30 % Diammonphosphat. Auffällig war, dass vor allem Abfallbiogasanlagen und Biogasanlagen mit höherem Geflügelmistanteil im Substrat einen höheren Äquivalenzpreis erzielten. Dies liegt an den höheren Nährstoffeinträgen über die Substrate.

Die Schattenpreise der Nährstoffe aus der linearen Optimierung ergaben 0,66 €/kg für N, 0,63 €/kg für P₂O₅ und 0,53 €/kg für K₂O. Die reduzierten Kosten der in der Optimierung nicht berücksichtigten Düngemittel sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Reduzierte Kosten der nicht in Lösung gegangenen Düngemittel

Kalkamonsalpeter - 4%	PK 0/15/30 -33%	Volldünger 6/10/16 -35%
Hyperkorn -38%	PK 0/12/20 -19%	Volldünger 20/8/8 -22%
Triplephosphat -13%	Volldünger 15/15/15 - 9%	Volldünger 12/10/15 - 8%

Quellen: Eigene Berechnung.

4 Schlussfolgerung und Diskussion

Um Gärprodukte als Düngemittel zulassen zu können, müssen eine Reihe von Anforderungen erfüllt werden. Die Analyseergebnisse der untersuchten Gärprodukte zeigten, dass die vorgegebenen Anforderungen eingehalten wurden. Gärprodukte können als Typ 8, 9 oder 9a gemäß DMG und DMVO anerkannt werden. Während i.d.R. der Typ 9 (Biogassgülle) bereits aufgrund der eingesetzten Substrate als Düngemittel anerkannt sind, können Biogasanlagen, die biogene Abfälle

einsetzen, die rechtliche Produkteigenschaft (Düngemittel) über den Typ 9a bescheidmäßig erwirken. Aufgrund der aufgezeigten Eigenschaften von Gärprodukten sollte die Anerkennung als Düngemittel kein Problem darstellen. In Österreich wurden bereits mehrere Bescheide für Abfallbiogasanlagen ausgestellt. Die Grenzwerte für Schwermetalle wurden in 99,64 % der Untersuchungen unterschritten.

Die Vermarktung von Gärprodukten als Dünger muss aus der Sicht des Landwirtes eine angemessene Gewinnspanne bringen. Die Anforderung an die lineare Optimierung war es, den Preis für die theoretische Alternativdüngermischung abzuleiten, unter der Voraussetzung, dass die Nebenbedingungen, also die Nährstoffgehalte der Gärprodukte, mindestens eingehalten werden. Der ermittelte Äquivalenzpreis lag bei rund 70% der Anlagen im Bereich von 3 - 8 €/t. Bislang wurden die Gärprodukte an die Substratlieferanten zurückgegeben, um den Nährstoffkreislauf zu schließen. Dies wurde in den Abnahmeverträgen dementsprechend berücksichtigt. Jedenfalls ist noch zu berücksichtigen, dass die Ausbringung von Gärprodukten höhere Kosten (insbesondere Logistik und Verteiltechnik) verursacht, als die Düngung mit Mineraldüngern. Die Kosten der Logistik und Verteilung hängen von der eingesetzten Technik, der Entfernung zum Ausbringungsort und vom Nährstoffgehalt, insbesondere vom N-Gehalt, ab (vgl. Stürmer und Eder, 2008). Stürmer et al. (2018) gehen von durchschnittlichen Vollkosten in der Höhe von 3 €/m³ für die Ausbringung der Biogasgülle aus. Ausgehend des in Abbildung 1 aufgezeigten durchschnittlichen N-Gehaltes der Biogasgülle ergibt sich eine Düngemenge von 23 m³ pro ha je Applikation (< 100 kg N/ha) womit mit Gesamtkosten von 69 €/ha zu rechnen ist. Die im Internet Deckungsbeitrag angeführten variablen Maschinenkosten für die mineralische Grunddüngung von Getreide und Mais wird mit ca. 19 €/ha (Maschinenringsatz) angegeben (BAB, 2019). Dies entspricht einem Kostenvorteil für die Ausbringung von Mineraldüngern von umgerechnet knapp 2,20 €/m³ Biogasgülle. Zudem entstehen bei der Ausbringung der Gärprodukte durch die Umwandlung des Ammoniums Ammoniak-Emissionen. Diese sind abhängig von der zu düngenden Kultur, den Witterungsverhältnissen, dem Ausbringungszeitpunkt und der Ausbringungstechnik und können im Bereich zwischen 13 und 26 % des Ammoniumstickstoffs liegen (Bachmaier, 2012). Dadurch mindert sich die für die Pflanze verfügbare Stickstoffmenge und infolgedessen sinkt der Düngewert für Stickstoff.

Um daher konkurrenzfähig zu sein, muss der Preis für das Gärprodukt unter jenem des Äquivalenzpreises der mineralischen Alternativprodukte liegen. Um den Transportaufwand zu verringern, können die Gärprodukte für eine verbesserte Vermarktung weiter aufbereitet werden. Die geringeren Wassermengen und die höhere Nährstoffkonzentration verändern die Transportwürdigkeit und den Äquivalenzpreis. Allerdings verursacht die Aufbereitung wiederum höhere Kosten (Investitionskosten und Betriebskosten) (vgl. Fuchs und Drosch, 2010).

Literatur

- AMA (Agrarmarkt Austria, Hrsg.) (2019) Düngemittel Reinnährstoffabsatz Österreich. URL: <https://www.ama.at/getattachment/efa57bb4-20d2-4bd8-97f5-4191e3371c61/Reinnahrstoffabsatzquartalsweise-ab-2014.pdf> (19.03.2019)
- AMA (Agrarmarkt Austria) (2018) Marktbericht Getreide und Ölsaaten, August 2018. Wien: Eigenverlag. URL: https://www.ama.at/getattachment/de9a84c1-401b-4652-a523-67e0bd51e1ff/MB_08_2018.pdf (03.10.2018)
- BAB (Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen) (2019). Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. URL: <https://idb.awi.bmlfuw.gv.at/default.html> (19.03.2019)
- Bachmaier, J. (2012). Treibhausgasemissionen und fossiler Energieverbrauch landwirtschaftlicher Biogasanlagen. Dissertation an der BOKU Wien.
- Dahlin, J., Herbes, C. und Nelles, M. (2015) Biogas digestate marketing: Qualitative insights into the supply side. *Resources, Conservation and Recycling*, 104, 152-161.
- Eder, M., Kerschbaumer, M., Riegler, G. und Six, L. (2000) Betriebsoptimierung in der Landwirtschaft. Leobendorf: Österreichischer Agrarverlag.
- Fuchs, W. und Drosch, B. (2010) Technologiebewertung von Gärrestbehandlungs- und Verwertungskonzepten. Tulln: BOKU Wien.
- Liebetrau, J., Sträuber, H., Kretzschmar, J., Denysenko, V. und Nelles, M. (2016) Anaerobic Digestion. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology* April 2017, DOI: 10.1007/10_2016_67
- Pfundtner, E (2007) Der sachgerechte Einsatz von Biogasgülle und Gärückständen im Acker- und Grünland. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Reinhold, G. und Zorn, W. (2015) Eigenschaften von Gärresten und deren Wirkung auf Ertrag und Bodeneigenschaften. Berlin: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Eigenverlag.
- Sinabell, F. und Stürmer, B. (2012) Agrarische Rohstoffe zur Energiegewinnung – eine Zwischenbilanz für Österreich. In: Grohsebner, C., Hambrusch, J., Kattelhardt, J., Morawetz, U., Penker, M., Peyerl, H., Pistrich, K. H., Pöchtrager, S., Oedl-Wieser, T., Schermer, M., Sinabell, F., (Hrsg.), *Ökosystemdienstleistungen und Landwirtschaft – Herausforderungen und Konsequenzen für Forschung und Praxis*. 22. Jahrestagung der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie, Tagungsband 21-22, 20. bis 21. September 2012, Wien Stürmer, B. (2016) Die Entwicklung von Biogas in Österreich. In: BMLFUW (Hrsg.) *Grüner Bericht 2016*. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 116-117.
- Stürmer, B. und Eder, M. (2008). Das kostet die Ausbringung der Gülle. *Der fortschrittliche Landwirt*: 19/2008, 58-59.

Stürmer, B., Kirchmeyr, F., Wenger-Oehn, H. et al. (2018).
Biogas 2017 – Ergebnisse und Konsequenzen der Betriebszweigauswertung aus den Arbeitskreisen Biogas in Österreich. Wien: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus.