

6 Eigenschaften und Zusammensetzung der Gärreste

Manfred Roschke, Matthias Plöchl

6.1 Eigenschaften von Gärresten

Die Eigenschaften der Gärreste werden wesentlich durch die zur anaeroben Vergärung eingesetzten Stoffe und den Gärprozess selbst bestimmt. In landwirtschaftlichen Biogasanlagen werden entweder überwiegend Rinder- und/oder Schweinegülle als Grundsubstrate und Silagen von Energiepflanzen oder Energiepflanzenteilen als Kosubstrate oder letztere auch als alleinige Substrate zur Fermentation eingesetzt.

Beim hauptsächlichen Einsatz von GülLEN als Substrat werden, nach Aussage mehrerer Autoren, dem Gärrest gegenüber ausschließlich gelagerter Gülle verbesserte Eigenschaften zugeschrieben, wie

- Reduktion flüchtiger, geruchsintensiver organischer Stoffe
- Verringerung der organischen Säuren
- Verbesserung der rheologischen (Fließ-)Eigenschaften
- Umwandlung von organisch gebundenem Stickstoff in Ammonium-N
- verminderte Belastung mit Krankheitskeimen.

Beim Einsatz von überwiegend Energiepflanzen zur Vergärung entsteht ein neues Substrat, dessen Eigenschaften durch die eingesetzten Pflanzen- oder Pflanzenteile und den Grad der Vergärung bestimmt werden. In **Tab. 6.1** sind die Stoffkennwerte unbehandelter und behandelter GülLEN sowie die Veränderungen von Energiepflanzen bei der Vergärung aufgelistet.

Infolge der Reduktion der organischen Substanz wird auch ein Teil des organisch gebundenen Stickstoffs mineralisiert, so dass hier höhere Ammo-

niumpgehalte als in unbehandelten GülLEN nachgewiesen werden. So steigt z.B. beim Abbau der organischen Substanz aus Hühnergülle der Ammoniumanteil am Gesamt-N bis auf ca. 85 % an.

Infolge der Methangärung werden die geruchsaktiven Substanzen und die organischen Säuren bis auf Werte um $0,5 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ reduziert. Der typische Güllegeruch und die Geruchsintensität werden somit weitgehend dezimiert. Die mineralischen Inhaltsstoffe bleiben in der Gülle, wenn auch teilweise in veränderten Löslichkeiten, erhalten. Auch die höhermolekularen organischen Stoffe, wie z.B. Lignin, Ausgangsstoffe für die Bildung von Huminstoffen im Boden, werden im Biogasprozess kaum abgebaut.

Bei der Lagerung werden bei vergorener Gülle gegenüber unbehalteter Gülle deutlich geringere Lachgas-, Methan- und Kohlendioxidemissionen festgestellt, soweit die in der Nachgärphase entstehenden Emissionen erfasst werden. Die im Vergleich zu unbehalteter Gülle höheren Ammoniumgehalte in den Gärresten und der um etwa eine Einheit höhere pH-Wert können aber zu höheren Ammoniakemissionen führen (Jäkel et al., 1999). Zur weitergehenden Vermeidung von Geruchsbelästigungen und Lagerverlusten sollte die Befüllung der Lagerbecken unterhalb der Oberfläche erfolgen und eine Abdeckung mit einer Schwimmschicht oder einer Folie vorgesehen werden.

Bei Verwertung der Gärreste in der Landwirtschaft sind in Abhängigkeit von den zur Biogasgewinnung verwendeten Inputstoffen unterschiedliche abfallrechtliche und düngemittelrechtliche Bestimmungen zu beachten (**vgl. Kap. 10**). In Abhängigkeit von den eingesetzten Ausgangsstoffen wird unterschieden zwischen Wirtschaftsdünger und organischem Dünger.

Die Gärreste aus Trockenfermentationsanlagen sind wie das Einsatz-Substrat stapelbar und kön-

Tab. 6.1: Stoffkennwerte und Substratveränderungen von Gärresten unterschiedlicher Ausgangssubstrate (Reinhold, 2005)

Parameter	Einheit	Rinder- gülle	Schweine- gülle	Fest- mist	HTK ²⁾	Mais- silage	GPS ³⁾	Getreide
TM-Gehalt	% FM	8	6	25	45	32	40	86
oTM-Gehalt	% TM	80	80	80	75	95	95	98
Biogasausbeute ⁴⁾	$\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$ oTM	280	400	450	500	600	520	700
Masseabbau	$\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ FM	23	23	115	194	240	257	753
	%	2,3	2,3	11	19	24	26	75
oTM-Abbau	$\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ Substrat	21	22	105	196	212	230	686
	%	33	46	52	58	70	60	81
TM-Gehalt nach Vergärung	%	5,9	3,8	14,5	25,4	10,8	17	17,4

²⁾ HTK = Hühnertrockenkot; ³⁾ GPS = Ganzpflanzensilage; ⁴⁾ nach KTBL, 2005

nen, unter Beachtung aller Vorschriften, wie Festmist als Dünger ausgebracht werden.

6.2 Einsatz im Pflanzenanbau

Der Einsatz der Gärreste als Düngemittel setzt dabei weiterhin voraus, dass alle einzusetzenden Ausgangsstoffe einen pflanzenbaulichen, produktions- oder anwendungstechnischen Nutzen aufweisen, als Zuschlagstoffe für die Herstellung eines organischen Düngemittels nach Abschnitt 3 der Düngemittelverordnung (DüMV) (Organischer NP- oder NPK-Dünger) aufgeführt sind und nicht einem Verbandsverbot (z.B. Bioabfall mit Klärschlamm) unterliegen.

Mit der überarbeiteten EU-Ökoverordnung dürfen im Ökolandbau Gärreste aus Biogasanlagen, die mit Pflanzen und tierischen Exkrementen aus konventionell arbeitenden Betrieben gefüttert werden, zum Einsatz als Dünger kommen. Abweichend von der EU-Ökoverordnung ist dieser Anteil, nach einer Vereinbarung der deutschen Verbände, auf $40 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ eingeschränkt (KTBL, 2006). Ergebnisse aus Biogasanlagen des Landes Brandenburg zeigen, dass in den Gärresten infolge des Abbaus organischer Substanz geringere Trockenmassengehalte als in den Ausgangsstoffen gefunden werden. Dies hat zur Folge, dass die absoluten Gehalte an mineralischen Stoffen zwar gleich bleiben bzw. leicht reduziert werden, in Bezug auf die Trockenmasse aber zunehmen (Tab. 6.2).

Bei dem Einsatz von Fettabscheiderinhalten und anderen Bioabfällen kommt es, insbesondere aus den in der Biotonne enthaltenen Fehlwürfen, trotz konsequenter Abtrennung teilweise zu höheren Schadstoffgehalten als in Gärresten aus Güllesubstraten.

Bei diesen in Praxisanlagen angefallenen und untersuchten Rindergüllen und Gärresten werden hohe Kupfer- und Zinkgehalte festgestellt. Bedingt durch die hohen Nährstoffkonzentrationen und die Bemessung der Aufwandmenge am Düngebedarf liegt

die Schadstofffracht bei landwirtschaftlicher Verwertung deutlich unter den zulässigen Mengen nach der Bioabfallverordnung (BioAbfV) (Tab. 6.3).

Wie anhand der Ergebnisse aus Tab. 6.2 nachgewiesen, unterscheiden sich gelagerte Gülle und Gärreste aus Gülle hinsichtlich der wertgebenden Inhaltsstoffe nicht wesentlich, so dass sie in gleicher Weise angewendet werden können. Gärreste sind unter Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen als Wirtschaftsdünger oder organische Dünger sinnvoll in die betriebliche Düngeplanung einzuordnen. Da mit diesen Düngern nicht nur Nährstoffe, sondern auch erhebliche Mengen organischer Substanz dem Boden zugeführt werden, kann mit dessen Einsatz gleichzeitig ein Beitrag zur Reproduktion der organischen Substanz des Bodens geleistet werden.

Beim Einsatz dieser Düngemittel sind nach Düngeverordnung die besonderen Vorschriften der Anwendung stickstoffhaltiger organischer Dünger sowie die Grundsätze der Düngebedarfsermittlung zu beachten. Daraus ergeben sich für die Anwendung flüssiger, stickstoffhaltiger organischer Dünger folgende Anforderungen:

- Ausbringung nur mit geeigneter Technik (Schleppschlauch- bzw. Schleppschuhverteiler) zur Vermeidung von Nährstoffverlusten und Emissionen
- auf unbestellten Flächen unverzügliche Einarbeitung in den Boden
- keine Ausbringung, wenn der Boden nicht aufnahmefähig ist (schneebedeckt, tiefgefroren, wassergesättigt)
- Ausbringung vorwiegend bei kühler und feuchter Witterung
- nach Ernte der Hauptfrucht; Anwendung nur bis in Höhe von 80 kg Gesamt-N oder 40 kg Ammonium-N je ha auf im Herbst zu bestellenden Flächen, bzw. auf Flächen mit Strohdüngung
- keine Ausbringung in der nach Düngeverordnung festgelegten Sperrfrist (1. Nov. - 31. Jan.)

Tab. 6.2: Nährstoffgehalte in unbehandelten Rindergüllen und in Gärresten überwiegend aus Rindergülle (Angaben in % der TM)

Substrat	TM	oTM	N _{ges}	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Rindergülle	6,1	80	7,5	2,6	4,3	0,9
Gärrest	3,9	65	14	3,8	5,2	0,9

Tab. 6.3: Schwermetallgehalte in Rindergüllen und in Gärresten überwiegend aus Rindergülle (Angaben in $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ TM)

Substrat	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
Rindergülle	2,0	0,19	6,2	190	6,35	0,04	346
Gärrest	6,6	0,35	10	120	8,0	0,06	525

Die Höhe der Düngergaben ist unter Berücksichtigung des Nährstoffbedarfs der anzubauenden Fruchtart, der Wirksamkeit der Nährstoffe aus dem Dünger, der Nachwirkung vorangegangener Düngemaßnahmen sowie der Nährstoffversorgung des Bodens zu bemessen.

Bei Anwendung von Gülle, ob gelagert oder vergoren, kann davon ausgegangen werden, dass Phosphor und Kalium etwa die gleiche Wirksamkeit wie bei Einsatz von Mineraldünger aufweisen. Obwohl bei vergorener Gülle eine höhere Löslichkeit des Phosphors in verdünnter Salzsäure nachgewiesen wurde, konnten in Gefäßversuchen zwischen unbehandelten und behandelten Güllen keine Unterschiede in der Wirkung festgestellt werden (Messner, 1988).

Die Wirksamkeit des Stickstoffs der Gülle wird neben dem Anteil an Ammonium-N am Gesamt-N wesentlich von Anwendungszeitpunkt, Witterung, Bodenart und anzubauender Fruchtart bestimmt.

Während für Stallmist eine Stickstoffverfügbarkeit von 30 % im Vergleich zu Mineraldünger, ausgedrückt als Mineraldüngeräquivalent, im Anwendungsjahr zu veranschlagen ist, kann diese bei Gülle zwischen 20 und bis über 60 % betragen, wobei die höchste Effektivität bei Anwendung im Frühjahr gegeben ist (**Tab. 6.4**).

Da Gärreste höhere Anteile an Ammonium-N am Gesamt-N als frische bzw. gelagerte Gülle enthalten, kann es bei der Anwendung zu einer schnelleren Stickstoffwirkung, aber damit auch geringerer Nachwirkung kommen. In Gefäßversuchen konnte die höhere N-Wirkung gegenüber gelagerter Gülle nachgewiesen werden (Jäkel et al., 1999). Untersuchungen von Herrmann u. Asmus (1978); Hege (1988), Asmus u. Linke (1987), Gutser et al. (1987), Messner (1988), Jäkel et al. (1999) zeigen in der N-

Wirkung vergorener gegenüber unbehandelter Gülle auch in Feldversuchen teilweise unterschiedliche Ergebnisse bei Schweine- und Rindergülle.

Nach einer Fest-Flüssig-Trennung weisen feste und flüssige Phasen anaerob fermentierter Güllen unterschiedliche Wirkungen auf: Während die flüssige Phase eine höhere N-Wirkung gegenüber nicht getrennter Gülle im Anwendungsjahr aufweist, ist die N- und bodenverbessernde Wirkung der Feststoffe mit der des Stallmistes vergleichbar (Koriath et al., 1985; Gutser et al., 1997) und bei der Herstellung gärtnerischer Erden nachweisbar (Popp u. Fischer, 2001).

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die Stickstoffverluste während der Ausbringung und Einarbeitung der Gülle in den Boden den höchsten Einfluss auf die N-Ausnutzung durch die Pflanzen ausüben (Dosch u. Gutser, 1995 u. 1996; Gutser et al., 1987; Hege, 1988; Messner, 1988). Daraus resultierend konnten auch keine gesicherten Ertragsunterschiede zwischen der Anwendung unbehandelter und vergorener Güllen nachgewiesen werden. Bei Herbstanwendung, insbesondere auf sandigen Böden, der anaerob fermentierten Güllen kann der höhere Ammoniumanteil und damit die bessere Sofortwirkung des Stickstoffs zu erhöhten Auswaschungsverlusten führen (Asmus u. Linke, 1987).

Bei der Ausbringung auf den Pflanzenbestand ergaben sich hinsichtlich der Ätzwirkung und der Futteraufnahme durch weidende Tiere sensorisch feststellbare Vorteile, aber keine gesicherten Unterschiede zwischen unbehandelter und behandelter Gülle; auch hier haben Ausbringungszeitpunkt und Witterung einen wesentlicheren Einfluss (Rieder u. Schröpel, 1988; Messner, 1988). Ergebnisse aus Sachsen (Jäkel et al., 1999) zeigen, dass Tiere das Futter von Flächen, die mit vergorener

Tab. 6.4: Mineraldüngeräquivalente⁵⁾ für Güllestickstoff in Abhängigkeit von Ausbringungszeitpunkt, Bodengruppe und Fruchtart

Fruchtartengruppen	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Jan.	Feb.-April	Mai-Juli
Bodengruppe ⁶⁾	1 - 5	1 - 5	1 - 5	1 - 5	1 - 5	1 - 5	1 - 5
Hackfrüchte	15 - 40	20 - 40	30 - 50	40 - 50	50	60	60
Acker-, Klee gras	20 - 40	30 - 50	40 - 50	40 - 55	50	50	35
So.-Getreide, Futterpflanzen	15 - 30	20 - 40	25 - 50	35 - 50	50 - 60	60	40
Wintergetreide, Winterraps	20 - 40	25 - 40	30 - 50	35 - 50	50 - 60	60	
Winterzwischenfrüchte	15 - 40	20 - 40	30 - 50	40 - 50	50	40	

⁵⁾ Das Mineraldüngeräquivalent gibt an, welche Wirkung 100 kg Stickstoff aus organischen Dünger die gleiche Wirkung wie x kg mineralischer Stickstoff (Kalkammonsalpeter) ausüben

⁶⁾ Bodengruppe: (BG 1) Sand, (BG 2 u. 3) schwach lehmiger und lehmiger Sand, (BG 4) Lehm, (BG 5) Ton

Gülle gedüngt wurden, besser aufnehmen als von Flächen mit unbehandelter Gülle, am besten aber wird das Futter von mineralisch gedüngten oder ungedüngten Flächen aufgenommen.

Da bei der Bildung von Biogas nur der leicht umsetzbare Teil organischer Substanz abgebaut wird, bleiben die für die Reproduktion des Humus nötigen höhermolekularen Kohlenstoffverbindungen weitgehend erhalten. In Modellversuchen für Gärreste aus Schweinegülle ermittelten Asmus u. Linke (1987) die gleiche Humusreproduktionsleistung wie für Rottemist.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass infolge der anaeroben Vergärung im Gärrest die Nährstoffe für das Pflanzenwachstum erhalten bleiben, die Konzentration an Ammoniumstickstoff ansteigt, andere geruchsintensive Stoffe weitgehend reduziert und durch bessere Fließeigenschaften die Ausbringung und Anwendung verbessert werden.

Obwohl Gärrest gegenüber unbehandelter Gülle Vorteile aufweist, wird die Wirkung auf die Pflanzenaufnahme und den Ertrag aber in viel stärkerem Maße von deren sachgerechter Anwendung als vom Verfahren der Aufbereitung bestimmt.

Literatur

- Asmus, F. u. Linke, B. (1987): Zur pflanzenbaulichen Verwertung von Gülle-Faulschlamm aus der Biogasgewinnung; *Feldwirtschaft* 28, S. 354-355.
- Dosch, P. u. Gutser, R. (1996): Risk for gaseous N losses by different slurry managements; *Transactions of the 9th Nitrogen Workshop Braunschweig*, S. 481-484.
- Dosch, P. u. Gutser, R. (1995): Reducing N losses (NH_3 , N_2O , N_2) and immobilization from slurry through optimized application techniques. In: *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, S. 165-171.
- Gutser, R., Amberger, A. u. Vilsmeier, K. (1987): Wirkung unterschiedlich aufbereiteter Gülle im Gefäßversuch zu Hafer und Weidelgras; *VDLUFA-Schriftenreihe*, 23. Kongressband, S. 279-293.
- Gutser, A., Nitschke u. Klasnik, A. (1997): Umweltschonende Verwertung von Reststoffen verschiedener GÜlleaufbereitungsverfahren; *KTBL Arbeitspapier 242 Umweltverträgliche GÜlleaufbereitung und -verwertung*, S. 97-108.
- Hege, U. (1988): Düngewirkung von ausgefaultem Fließmist; 27. *Biogas Praktiker Informationstagung*, Grub, S. 50-56.
- Herrmann, V. u. Asmus, F. (1978): Wirkung und Ausnutzung des Stickstoffs aus Rinder- und Schweinegülle im Gefäßversuch; *Archiv Acker-, Pflanzenbau und Bodenkunde* 22, S. 47-57.
- Jäkel et al. (1999): Umweltwirkung von Biogas, Abschlußbericht zum Forschungsprojekt, 60 S., Freistaat Sachsen, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft.
- KTBL (2006): *KTBL-Fachgespräch „Biogaserzeugung im ökologischen Landbau“*; Tagungsbeiträge des *KTBL-Fachgesprächs vom 5./6. April 2006* verfügbar unter, <http://www.ktbl.de/oekolandbau/tagung-biogaserzeugung/biogas-presse.htm>, Zugang am 15.09.06
- KTBL (2005): *Gasausbeuten in landwirtschaftlichen Biogasanlagen*.
- Koriath, H., Herrmann, V., Vollmer, G-R., Franz, J. (1985): Nährstoffdynamik während der anaeroben Fermentation von Gülle und Wirkung auf den Ertrag und Inhaltsstoffe von Mais im Gefäßversuch; *Archiv Acker- Pflanzenbau und Bodenkunde* 29, S. 741-747.
- Linke, B. u. Thieme, H.-J. (1996): Biogasgewinnung aus Schweinegülle und anderen organischen Reststoffen durch Cofermentation; *VDI/MEG Kolloquium Agrartechnik*, Heft 25, Aufbereitung und Verwertung organischer Reststoffe im ländlichen Raum, S. 94-104.
- Popp, W. u. P. Fischer (2001): Verwendung fester Rückstände aus der Bioabfallvergärung im Gartenbau und Landschaftsbau, Institut für Pflanzenernährung, Informationsdienst Weihenstephan.
- Reck, N. (1985): Untersuchungen zur Biogaserzeugung aus Schweinegülle und ihren Aufbereitungsprodukten; *Diss. Institut für Düngungsforschung Leipzig-Potsdam*, Bereich Potsdam, 130 S.
- Reinhold, G. (2005): Genau bilanzieren. *Neue Landwirtschaft* 12/2005, S. 68-72.
- Rieder, J.B. u. Schröpel, R. (1988): Versuche zum Einsatz von Faulgülle aus Biogasanlagen im Grünland; 27. *Biogas Praktiker Informationstagung*, Grub S. 57-64.
- Schelle, H. (1999): Biomethanisierung einer Rinderdünggülle; *Institut für Agrartechnik Bornim*, Untersuchungsbericht (unveröffentlicht).