

N-Verfügbarkeit von Gärrückständen aus der Biogasproduktion und Ertragswirkung bei Blumenkohl

K.-U. Katroschan, A. Elwert, M. Jakobs

**Abschlussbericht
LFA-Thema 5/08.04**

Juli 2011

Inhalt

1	Einleitung.....	III
2	Material und Methoden	IV
2.1	Düngesubstrate.....	IV
2.2	Inkubationsversuch	V
2.3	Freilandversuch	V
3	Ergebnisse.....	VIII
3.1	Inkubationsversuch	VIII
3.2	Freilandversuch	IX
4	Diskussion.....	XII
4.1	N-Verfügbarkeit.....	XII
4.2	Ertragswirkung.....	XIII
5	Zusammenfassung und Fazit.....	XV

1 Einleitung

Die Biogasproduktion aus Biomasse landwirtschaftlichen Ursprungs spielt mittlerweile eine wesentliche Rolle als alternative Energiequelle. Während des Gärprozesses werden organische Stoffe mikrobiell abgebaut und hauptsächlich in Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2) umgewandelt. Als Nebenprodukt bleiben Gärrückstände zurück, welche insbesondere Stickstoff (N) aber auch Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) in bedeutenden Konzentrationen enthalten. Gärrückstände weisen in der Regel eine höhere Düngewirkung als die eingesetzten Ausgangssubstrate auf. Die Düngewirkung wird unter anderem maßgeblich von den qualitativen Eigenschaften des Gärrückstands zum Zeitpunkt der Einarbeitung beeinflusst. Diese Eigenschaften können je nach Ausgangssubstrat, Anlagentyp und Aufbereitung sowie Lagerdauer und -bedingungen stark variieren.

Die Separierung von Gärrückständen in eine flüssige sowie feste Phase ist in der Praxis der Biogasproduktion verbreitet und lässt zwei Rückstandstypen unterschiedlicher Eigenschaften entstehen. Die separierte Flüssigphase von NawaRo-Biogasanlagen mit hohem Maisanteil enthält im Mittel etwa 0,5% N. Etwa die Hälfte davon liegt in Ammoniumform (NH_4) vor. Diese N-Fraktion gilt als unmittelbar pflanzenverfügbar sofern gasförmige N-Verluste bei der Ausbringung vermieden werden. Die Freisetzung des organisch gebundenen Stickstoffs im zeitlichen Verlauf ist dahingegen deutlich unwägbarer. Entsprechende Kalkulationsansätze gehen von einer langfristigen N-Nachlieferung von 20% der ursprünglichen Gesamtstickstoffmenge aus. Ebenso liegen zur N-Düngewirkung der festen Phase bisher nur Schätzwerte vor.

Der hohe Stickstoffbedarf von Kohlkulturen lässt eine Nutzung von Gärrückständen als Nährstoffquelle im Gemüsebau attraktiv erscheinen. Soweit deren hygienische Unbedenklichkeit, d.h. die Freiheit von Clostridien, Salmonellen etc. garantiert werden kann, ist eine Grunddüngung gemüsebaulicher Kulturen mit Gärrückständen grundsätzlich möglich.

Ziel der Versuche war es, die N-Verfügbarkeit separierter Gärrückstände sowie deren Ertragswirksamkeit bei Blumenkohl zu quantifizieren. Um eine Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten sowie zur Erklärung der Ertragswirkung standen der zeitliche Verlauf der N-Verfügbarkeit sowie die Beteiligung einzelner N-Fractionen im Fokus der Untersuchung.

2 Material und Methoden

2.1 Düngesubstrate

Das Ausgangsmaterial der genutzten Gärrückstände bestand nach Angabe des Anlagenbetreibers aus Mais- (94%), Gras- (4%), Hirse- (1%) sowie Roggenganzpflanzensilage (1%). Die durch Separation des Gärrückstands entstandene Flüssig- bzw. Festphase wird im Folgenden als „Gärrest“ (GR) respektive als „Presskuchen“ (PK) bezeichnet.

Haarmehlpellets (HMP) sind im ökologischen Gemüsebau als N-Dünger weit verbreitet und deren N-Wirkung ist vergleichsweise gut untersucht. Aus diesem Grund wurde eine HMP-Variante als Referenz in die Versuche aufgenommen.

Die Trockenmasse-, N- und P-Gehalte der untersuchten Düngesubstrate sind in Tabelle 1 dargestellt. Sowohl bei GR als auch bei PK waren die NH_4 -Gehalte zum Zeitpunkt der Ausbringung deutlich geringer als unmittelbar nach dem Verlassen der Biogasanlage („Frischsubstrat“). Auch wenn u.U. die in den Versuchen genutzten Gärrückstände nicht den Chargen des beprobten Frischsubstrats entstammten, deuten die Differenzen im NH_4 -Gehalt auf qualitative Veränderungen der Gärrückstände während Lagerung und Handling hin. Bei PK stieg der NO_3 -Gehalt während dieser Phase von 0,1 auf 3,1% (% N_t) an (Tab. 1). Die Zunahme des NO_3 -Gehalts entspricht 23% der NH_4 -Differenz zwischen Frischsubstrat und dem Presskuchen zum Zeitpunkt der Ausbringung.

Tabelle 1: Trockenmasse- (TM), Stickstoff- (N) und Phosphorgehalte (P) der untersuchten Düngesubstrate. Probennahme unmittelbar nach dem Gärprozess (Frischsubstrat) sowie zu Versuchsbeginn (Ausbringung).

	Probennahme	TM (%)	N_t (%FM)	N_t (%TM)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (% N_t)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (% N_t)	P_2O_5 (%TM)
Gärrest	Frischsubstrat	6,0	0,37	6,1	37,8	-	2,22
	Ausbringung	6,1	0,39	6,4	23,3	-	n. u.
Presskuchen	Frischsubstrat	22,6	0,90	4,0	18,9	0,1	3,27
	Ausbringung	39,3	0,86	2,2	5,8	3,1	n. u.
Haarmehlpellets	Ausbringung	93,2	13,4	14,4	-	-	-

n.u. = nicht untersucht

2.2 Inkubationsversuch

Für die Bebrütung der Düngesubstrate wurde feldfrischer Oberboden von der Versuchsfläche des Kompetenzzentrums Freilandgemüsebau genutzt (siehe Freilandversuch). Mit den Düngern wurden 22,6 (GR), 23,9 (PK) und 32,4 mg N (HMP) je 100 g Bodentrockenmasse in den Boden eingebracht. Die Bebrütung erfolgte in Polypropylenbechern (500 ml) bei konstant 16°C. Jeder Becher enthielt 432 g Bodentrockenmasse. Aufgrund der unterschiedlichen Trockenmassegehalte der Düngesubstrate (Tab. 1) wurden die Varianten individuell auf einen einheitlichen gravimetrischen Wassergehalt von 11,6 g g⁻¹ aufgewässert. Um den Bodenwassergehalt weitestgehend konstant zu halten, wurden die Becher mit gelochten Deckeln verschlossen. Eine ungedüngte Kontrollvariante diente als Referenz. Nach 3, 9, 27 und 81 Tagen wurden je Termin und Variante 5 Becher entnommen und zur Bestimmung der NO₃- und NH₄-Gehalte eine Mischprobe erstellt.

Berechnungen

Die Netto-N-Mineralisation wurde mit Hilfe ungedüngter Kontrollgefäße ermittelt und entspricht dem Unterschied im N_{min}-Gehalt zwischen gedüngtem und ungedüngtem Boden zum jeweiligen Zeitpunkt. Sie ist in Prozent der eingebrachten N-Menge angegeben. Der zeitliche Mineralisationsverlauf wurde mittels Mitscherlich-Funktion

$$\text{NNM}(t) = \text{NNM}_{\text{max}} (1 - e^{-kt})$$

beschrieben, wobei NNM(*t*) die Netto-N-Mineralisation (%) zum Zeitpunkt *t* (Tage) darstellt und NNM_{max} die maximale Netto-N-Mineralisation angibt, an welche die Kurve sich asymptotisch annähert. Die Ratenkonstante *k* gilt als Maß für die Mineralisationsgeschwindigkeit.

2.3 Freilandversuch

Ziel des einjährigen Versuchs mit Blumenkohl als Testkultur war die Quantifizierung der Ertragswirkung und Stickstoffverfügbarkeit der Düngesubstrate unter Feldbedingungen.

Versuchsdesign war eine randomisierte vollständige Blockanlage mit vier Wiederholungen.

Die Durchführung erfolgte auf der Versuchsfläche des Kompetenzzentrums Freilandgemüsebau der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV in Gülzow (53°49' N, 12°03' E). Der Standort ist charakterisiert durch eine durchschnittliche Jahresmitteltemperatur von 8,5°C und einen mittleren Jahresniederschlag von 560 mm. Der Boden ist eine Braunerde aus diluvialen Geschiebesand und Geschiebelehm (sL) mit einem Humusgehalt

im Ap-Horizont von 1,5%. Die Fläche war zum Versuchszeitpunkt in die P-Gehaltsklasse C eingeordnet (18 mg P₂O₅/100 g Boden in 0-30 cm).

Die Ermittlung der Ausbringungsmengen erfolgte auf Basis der N_t-Gehalte (%FM) des Frischsubstrats (Tab. 1). Da sich diese von den zum Ausbringungszeitpunkt bestimmten N_t-Gehalten leicht unterscheiden, weichen die tatsächlich ausgebrachten N-Mengen um bis zu 5% von den vorgesehenen Dünge­stufen ab (Tab. 2). Die Ausbringung fand zwischen dem 16. und 18.06.2010 statt. Zur Vermeidung gasförmiger N-Verluste bei der Ausbringung flüssiger Gärreste mit hohem Ammoniumanteil erfolgte deren Ausbringung mit Hilfe von Schläuchen und Scharen in etwa 5 cm Bodentiefe (Abb. 1). Presskuchen und Haarmehlpellets wurden manuell ausgebracht. Die Einarbeitung der Dünge­substrate erfolgte mittels Kreiselegge im Rahmen der Pflanzbettbereitung.

Tabelle 2: Düngevarianten und Dünge­stufen im Freilandversuch

	Dünge­stufe (kg N ha ⁻¹)	ausgebrachte Frischmasse	ausgebrachte N-Menge (kg N ha ⁻¹)
Gärrest (GR)	100	27,0 m ³ ha ⁻¹	105
	200	54,1 m ³ ha ⁻¹	211
	300	81,1 m ³ ha ⁻¹	316
Presskuchen (PK)	100	11,1 t ha ⁻¹	96
	200	22,2 t ha ⁻¹	191
	300	33,3 t ha ⁻¹	287
Haarmehlpellets (HMP)	100	7,4 dt ha ⁻¹	100
	200	14,9 dt ha ⁻¹	200
	300	22,4 dt ha ⁻¹	300

Neben Stickstoff wurden mit den Gärrückständen bedeutende Phosphormengen ausgebracht. Die P-Frachten variierten in Abhängigkeit der Dünge­stufe zwischen ca. 40 und 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ bei GR und zwischen ca. 140 und 430 kg P₂O₅ ha⁻¹ bei PK.

Am 21.06.2010 erfolgte die Pflanzung des Blumenkohls. Die Bestandesdichte betrug 3,3 Pflanzen/m². Ernte und Ertragserfassung erfolgten an vier Terminen im Zeitraum vom 26.08. bis 06.09.2010. Am finalen Erntetermin fanden die Erfassung der Ernterückstände sowie die Entnahme von Bodenproben bis 90 cm Tiefe in Abschnitten von je 30 cm statt.



Abb. 1: Ausbringung des flüssigen Gärrests mittels Injektionstechnik

Berechnungen

Die Netto-N-Mineralisation wurde analog zum Inkubationsversuch mit Hilfe ungedüngter Kontrollparzellen ermittelt. Sie entspricht dem Unterschied im N-Angebot zwischen gedüngter und ungedüngter Kontrollvariante. Das N-Angebot wurde als Summe der N-Mengen in Ernterückständen, in akkumulierter Ertragsbiomasse sowie des Residual- N_{\min} -Gehalts im Boden berechnet.

3 Ergebnisse

3.1 Inkubationsversuch

Erwartungsgemäß zeigten GR aufgrund ihres hohen Ammoniumanteils von 23% am Gesamtstickstoff (Tab. 1) im Vergleich zu PK und HMP die schnellste N-Verfügbarkeit (Abb. 2, Tab. 3). Die Ammoniumfraktion war nach Einarbeitung jedoch nicht unmittelbar pflanzenverfügbar. Bei konstant gehaltener Inkubationstemperatur von 16°C wurden erst nach 9 Tagen 23% des mit dem Gärrest eingebrachten Stickstoffs in mineralischer Form (vorwiegend als NO_3) wiedergefunden. Die maximale Netto-N-Mineralisation von GR betrug 38%. Diese war nach weiteren 25 Tagen nahezu erreicht (Tab. 3). Der aus der organischen Substanz stammende Anteil lag demnach bei 15% des eingebrachten Gärrest-N. Bezogen auf die organische N-Fraktion entspricht dies einer Netto-N-Mineralisation von etwa 20%.

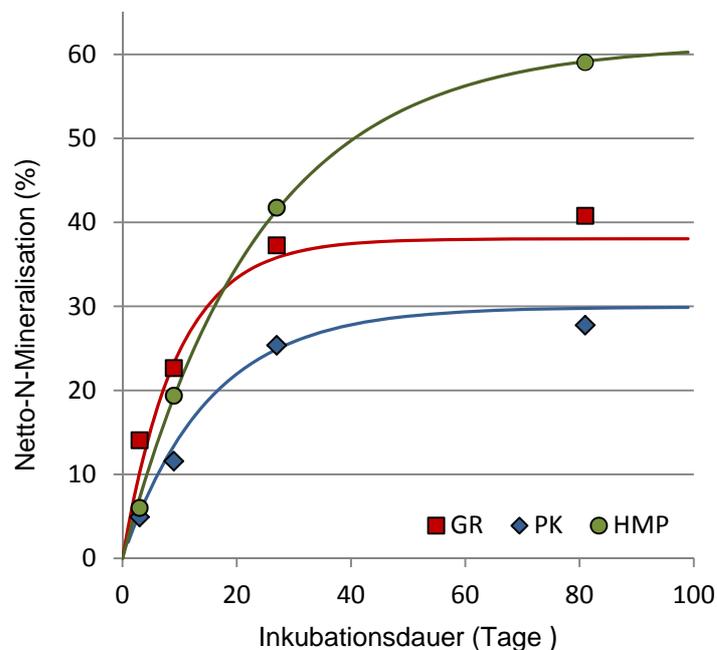


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf der N-Verfügbarkeit (Netto-N-Mineralisation) von flüssigem Gärrest (GR), Presskuchen (PK) und Haarmehlpellets (HMP) im Inkubationsversuch bei konstant 16°C. Funktionsparameter siehe Tabelle 3.

Die maximale Netto-N-Mineralisation von PK war mit 30% leicht geringer als die von GR (Tab. 3). Ein Vergleich der Ratenkonstanten zeigt ferner eine im Vergleich zu GR verzögerte N-Verfügbarkeit. Beides steht in Zusammenhang mit dem geringeren Anteil mineralisch vorliegenden Stickstoffs ($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$) am Gesamtstickstoff von 9%. Bezogen auf die organische N-Fraktion von PK entspricht dies einer mit GR vergleichbaren Netto-N-Mineralisation von 21%.

Tabelle 3: N-Wirkung der untersuchten Düngesubstrate im Inkubationsversuch bei 16°C. Parameter der Mitscherlich-Funktion [$NNM(t) = NNM_{max} (1 - e^{-kt})$].

	NNM_{max} (%) ¹	k (d ⁻¹) ²	R ²	t_{95} (d) ³
Gärrest (GR)	38,1	0,105	0,99	36
Presskuchen (PK)	29,9	0,066	0,99	28
Haarmehlpellets (HMP)	61,2	0,042	>0,99	58

¹ Maximale Netto-N-Mineralisation (in % der eingebrachten N-Menge)

² Ratenkonstante („Mineralisationsgeschwindigkeit“)

³ Zeitdauer (Tage) bis zum Erreichen von 95% der max. N-Wiederfindung

Unter den untersuchten Düngesubstraten wiesen HMP den mit Abstand höchsten N_t -Gehalt in der Trockenmasse sowie mit 61% die höchste maximale Netto-N-Mineralisation auf. Insbesondere im Vergleich zu GR war die Ratenkonstante von HMP jedoch deutlich geringer und die Netto-N-Mineralisation somit langsamer (Tab. 3).

3.2 Freilandversuch

N-Verfügbarkeit

Im Mittel der drei Düngestufen war die Netto-N-Mineralisation im Verlauf der Blumenkohlkultur von HMP mit 44% am höchsten, gefolgt von GR mit 42% und PK mit 19% (Abb. 3). Die Rangfolge der Düngesubstrate nach ihrer N-Verfügbarkeit ist somit in Übereinstimmung mit dem Ergebnis des Inkubationsversuchs. Die Netto-N-Mineralisation von HMP war unter Freilandbedingungen insbesondere bei den Düngestufen 100 und 300 kg N ha⁻¹ deutlich geringer als die im Inkubationsversuch ermittelte maximal mögliche Netto-N-Mineralisation.

Während die Streuung zwischen den Düngestufen bei PK gering war, wurde die Netto-N-Mineralisation insbesondere bei GR von der Ausbringungsmenge beeinflusst. Diese sank von 59% bei einer Ausbringungsmenge von 105 kg N ha⁻¹ bis auf 25% bei 316 kg N ha⁻¹.

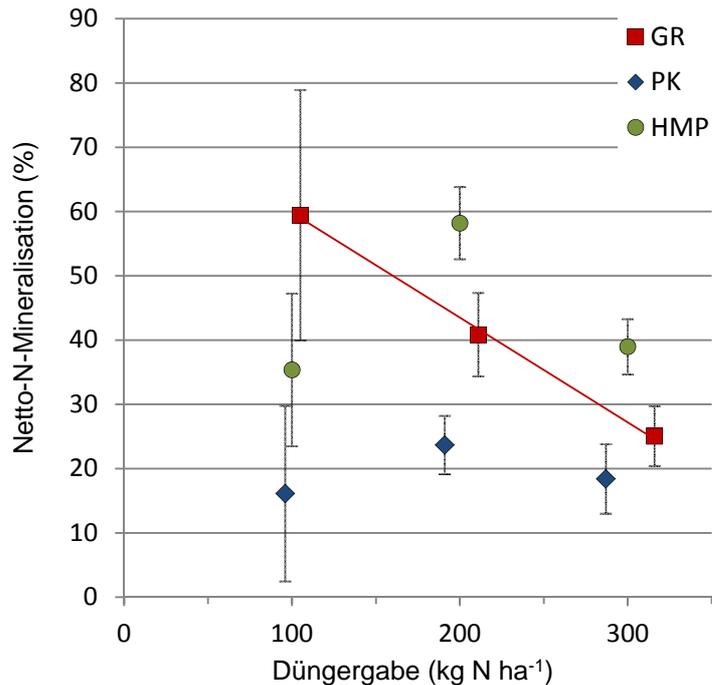


Abb. 3: Netto-N-Mineralisation von flüssigem Gärrest (GR), Presskuchen (PK) und Haarmehlpellets (HMP) bei differenzierter Ausbringungsmenge im Verlauf einer Blumenkohlkultur. Fehlerbalken zeigen Standardfehler. Lineare Regression bezogen auf GR ($R^2 > 0,99$).

Ertragswirkung

Die Abhängigkeit der oberirdischen Gesamttrockenmasse sowie des Marktertrags von der mit den Düngesubstraten ausgebrachten N-Menge ist in Abbildung 4a dargestellt. Beide Ertragsparameter folgten einer Optimumsfunktion. Unabhängig vom Düngesubstrat erreichte die oberirdische Gesamttrockenmasse bei einer Ausbringungsmenge von etwa 240 kg N ha^{-1} das Maximum. Haarmehlpellets wiesen mit etwa 655 dt ha^{-1} oberirdischer Gesamttrockenmasse das höchste Maximum auf, gefolgt von GR mit 600 dt ha^{-1} und PK mit 565 dt ha^{-1} . Die Unterschiede in der N-Verfügbarkeit zwischen den Düngesubstraten spiegeln sich somit auch in ihrer Wirkung auf die gesamt-pflanzliche Trockenmasseproduktion wider.

Im Unterschied zur Gesamttrockenmasse differenzierten die Gärückstandsvarianten GR und PK hinsichtlich ihrer Wirksamkeit auf den Marktertrag von Blumenkohl nicht voneinander (Abb. 4b). Der maximale Ertrag beider Gärückstände betrug einheitlich knapp 190 dt ha^{-1} während HMP maximal 220 dt ha^{-1} erzielte.

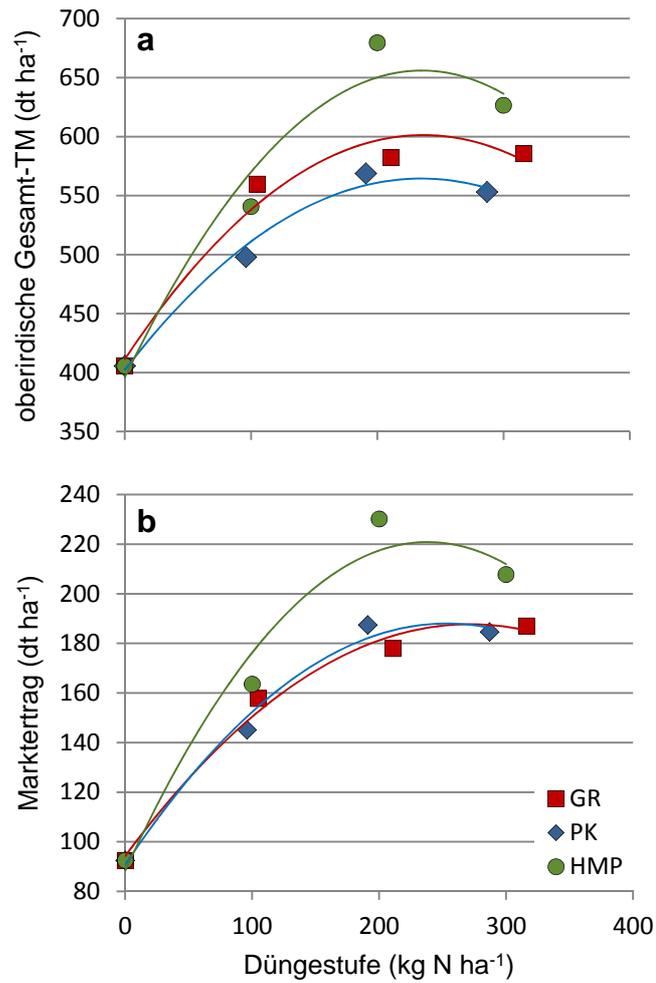


Abb. 4: Abhängigkeit von oberirdischer Gesamttrockenmasse (a) und Marktertrag (b) bei Blumenkohl von der mit flüssigem Gärrest (GR), Presskuchen (PK) und Haarmehlpellets (HMP) ausgebrachten N-Menge. $y = ax^2+bx+c$ ($R^2>0,95$).

4 Diskussion

4.1 N-Verfügbarkeit

Innerhalb der untersuchten Düngesubstrate wies Presskuchen (PK) die geringste N-Verfügbarkeit auf, gefolgt von flüssigem Gärrest (GR). Die N-Verfügbarkeit von Haarmehlpellets (HMP) war mit 61% im Inkubationsversuch und mit durchschnittlich 44% unter Freilandbedingungen am größten. Das Ergebnis des Inkubationsversuchs entspricht dem derzeit gebräuchlichen Kalkulationsansatz, welcher von einer N-Verfügbarkeit bei HMP von 60% im Jahr der Ausbringung ausgeht.

Bereits 2009 wurden am GKZ Düngungsversuche zum Einsatz von flüssigem Gärrest bei Eissalat und Weißkohl durchgeführt. Dabei wurde der Frischmasseaufwuchs und -ertrag bei Ausbringung gestaffelter Gärrestmengen mit Haarmehlpellet- und Kalkammonsalpetervarianten verglichen. Es wurde geschlussfolgert, dass die N-Verfügbarkeit des Gärrests bei Gemüsekulturen mit kurzer Standdauer (Salat) etwa 60% und bei Kulturen mit langer Kulturzeit (Weißkohl) 75 bis 100% beträgt. Dies wird durch den vorliegenden Inkubationsversuch nur teilweise bestätigt. Da bei konstant 16°C die maximale N-Mineralisation von GR nach 30 Tagen nahezu erreicht war, ist davon auszugehen, dass die N-Mineralisation zum Erntezeitpunkt auch kurzer Gemüsekulturen nahezu abgeschlossen ist. Eine Ausnahme stellen möglicherweise sehr frühe Anbausätze dar, bei denen die geringe Bodentemperatur die Mineralisation stärker einschränkt als die Pflanzenentwicklung. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass andere Faktoren wie z.B. Ausbringungstechnik, -menge sowie -bedingungen die N-Verfügbarkeit von GR stärker beeinflussen als die Kulturdauer. Der vorliegende Freilandversuch deutet auf einen bedeutenden Einfluss der Ausbringungsmenge auf die N-Verfügbarkeit hin, welche relativ stark zwischen 25 und 60% variierte.

Die im Inkubationsversuch ermittelte Netto-N-Mineralisation der organisch gebundenen N-Fraktion war mit 20% bei GR und 21% bei PK von bedeutender Größenordnung und nahezu identisch. Der Unterschied in der N-Verfügbarkeit zwischen beiden Gärrückständen begründet sich daher in unterschiedlichen Mineralstickstoffanteilen am Gesamtstickstoff. Sowohl bei GR als auch bei PK waren diese unmittelbar nach Verlassen der Biogasanlage noch deutlich höher als zum Ausbringungszeitpunkt. Ausgehend von den Mineralstickstoffanteilen der produktionsfrischen Gärrückstände ist ohne eine solche qualitative Veränderung während Lagerung und Handling eine deutliche höhere N-Verfügbarkeit zu erwarten. Während der N_T -Gehalt (%TM) bei GR nahezu konstant blieb, sank dieser bei PK von 4,0% unmittelbar nach Verlassen der Anlage bis auf 2,2% zum Ausbringungszeitpunkt deutlich ab (Tab. 1). Daher waren bei PK gasförmige N-Verluste

wahrscheinlich ursächlich für die Abnahme des Mineralstickstoffanteils. Bei GR hingegen spielten vermutlich Immobilisierungsprozesse die zentrale Rolle.

Die verzögerte Pflanzenverfügbarkeit des in GR enthaltenen Mineralstickstoffs deutet auf eine gesteigerte Aktivität bodenbürtige Mikroorganismen hin, welche diese N-Fraktion zeitweilig immobilisieren. Während die Remineralisation dieses Stickstoffs im Inkubationsversuch bei 16°C nach neun Tagen abgeschlossen war, ist bei niedrigen Bodentemperaturen eine (im Vergleich zu Mineraldüngerstickstoff) deutlich zeitverzögerte Pflanzenverfügbarkeit von Gärreststickstoff zu erwarten. Eine geringe Ratenkonstante und damit langsamere N-Verfügbarkeit als GR wies HMP auf (Tab. 3). Dies steht in Zusammenhang mit dem Fehlen einer mineralischen N-Fraktion.

4.2 Ertragswirkung

Grundsätzlich ist die Ertragswirksamkeit organischer Düngesubstrate wesentlich von deren N-Verfügbarkeit abhängig. Eine hohe Ertragswirkung ist immer dann zu erwarten, wenn ein bedeutender N-Anteil im Kulturverlauf pflanzenverfügbar wird und der zeitliche Mineralisationsverlauf mit dem stadiumspezifischen N-Bedarf der Kultur übereinstimmt. Mineralisationsprozesse im Boden sind stark temperaturabhängig. Die Ertragswirksamkeit organischer Dünger wird daher neben dem Bodenwassergehalt maßgeblich von der Bodentemperatur beeinflusst und kann somit jahreszeitlich variieren. Der hohe Mineralstickstoffanteil bei GR ist daher nicht nur Grund für eine schnellere N-Wirkung als bei HMP (Abb. 2) sondern lässt auch eine geringere Temperaturabhängigkeit erwarten.

Im ökologischen Gemüsebau ist die N-Versorgung früher Kohl- und Salatsätze aufgrund niedriger Bodentemperaturen und geringer N-Mineralisationsraten oftmals unzureichend. Unter diesen Bedingungen könnte der Einsatz flüssiger Gärreste als Grunddüngung die N-Versorgung verbessern. Die Ergebnisse deuten allerdings auch bei GR auf eine zeitverzögerte Pflanzenverfügbarkeit des mineralisch vorliegenden Stickstoffs hin. Inwieweit die Temperaturabhängigkeit bei GR im Vergleich zu HMP tatsächlich geringer und die N-Verfügbarkeit bei niedrigen Bodentemperaturen schneller ist, ließe sich in weiterführenden Inkubationsversuchen mit unterschiedlichen Temperaturstufen klären.

Obwohl die N-Verfügbarkeit von PK sowohl im Inkubationsversuch als auch unter Freilandbedingungen geringer war als bei GR (Tab. 3, Abb. 3) unterschieden sich beide Gärrückstandsvarianten hinsichtlich ihrer Ertragswirksamkeit *nicht* (Abb. 4b). Ursächlich waren Unterschiede in der pflanzlichen Trockenmasseverteilung zwischen Ertragsorgan und Ernterückständen, welche sich nicht abschließend erklären lassen. Mit den Gärrückständen wurde nicht nur Stickstoff sondern auch unterschiedliche, teils bedeutende Mengen anderer

Hauptnährstoffe sowie Spurenelemente ausgebracht, welche die Pflanzenentwicklung und Trockenmasseverteilung beeinflusst haben können. So überstieg die mit PK ausgebrachte Phosphorfracht die von GR um mehr als das Dreifache.

5 Zusammenfassung und Fazit

Die N-Verfügbarkeit des in den Versuchen eingesetzten flüssigen Gärrests betrug im Mittel 40% und variierte unter Freilandbedingungen zwischen 25 und 60%. Es bestand ein negativer Zusammenhang zwischen N-Verfügbarkeit und Ausbringungsmenge. Die N-Verfügbarkeit des Presskuchens war mit im Mittel 20% im Freiland und 30% im Inkubationsversuch geringer als die des Gärrests.

Aus den Ergebnissen des Inkubationsversuchs wird geschlossen, dass die organische N-Fraktion beider Gärrückstände mittelfristig, d.h. innerhalb des Ausbringungsjahres, zu 20% mineralisiert. Die potentielle N-Verfügbarkeit des im Gärrückstand enthaltenen Gesamtstickstoffs wird somit maßgeblich vom Mineralstickstoffanteil, bzw. -gehalt zum Ausbringungszeitpunkt beeinflusst. Dieser variiert in Abhängigkeit von der Ausgangsqualität des Gärrückstands sowie von der anschließenden Lagerungsdauer und den Lagerbedingungen. Sofern $\text{NH}_3\text{-N}$ -Verluste während der Ausbringung auf eine vernachlässigbare Größenordnung reduziert werden können, sind daher grundsätzlich auch höhere N-Verfügbarkeiten als die in vorliegenden Versuchen ermittelten möglich. Da die organische N-Fraktion zum Großteil aus schwer mineralisierbaren N-Verbindungen besteht, ist von einer maximal möglichen N-Verfügbarkeit im Ausbringungsjahr von nicht über 80% auszugehen.

Auch wenn die Geschwindigkeit der Netto-N-Mineralisation bei flüssigem Gärrest im Vergleich zu Haarmehlpellets und Presskuchen am höchsten war, war die im Gärrest enthaltene Mineralstickstoffmenge nicht unmittelbar pflanzenverfügbar. Während die zeitliche Verzögerung der N-Verfügbarkeit im Inkubationsversuch bei 16°C lediglich 9 Tage betrug, ist diese bei geringen Bodentemperaturen im Frühjahr möglicherweise pflanzenbaulich relevant.

Aus pflanzenbaulicher Sicht ist eine teilweise Substituierung von Mineraldünger durch Gärrückstände grundsätzlich möglich. Unabdingbar für deren Einsatz im Feldgemüsebau ist neben der Beachtung aktueller rechtlicher Rahmenbedingungen die Freiheit von Phyto- und Humanpathogenen. Die im Mai 2011 aufgetretene EHEC-Problematik führte zu einer starken Sensibilisierung für potentielle mikrobiologische Belastungen von Frischgemüse. Vor diesem Hintergrund ist auch der Einsatz zertifizierter und vermeintlich pathogenfreier Gärrückstände als kritisch zu bewerten. Langfristig ist eine Nutzung von speziell zu Dünge Zwecken aufbereiteter, standardmäßig hygienisierter Gärrückstände im Gemüsebau denkbar.