

Einfluss der organischen Düngung mit Gärresten auf Ertrag und Qualität von Getreide

Dr. Harriet Gruber, Carolina Wegner, Andreas Titze

Abstract: The purpose of this research was to examine the effect of fertilization with digestate on yield and quality of wheat, barley and oat. These crops reached a higher yield and content of gluten and protein when fertilized with digestate. Nutrient use efficiency of small digestate amounts (15-20 m³) was higher compared to larger fertilization rates. Application with a slot machine is preferable to a drop hoses.

Zusammenfassung

Die verstärkt auch in Biobetrieben genutzten Gärreste ermöglichen eine gezielte Düngung zu Nichtleguminosen, insbesondere Getreide. Untersuchungen im Winter- und Sommerweizen sowie Sommergerste und Hafer ergaben durch Gärresteinsatz Ertragserhöhungen von bis zu 70 %. Gleichzeitig konnten der Rohproteingehalt und der Klebergehalt deutlich erhöht werden. Kleinere Mengen (15 - 20 m³) werden besser verwertet als höhere Gaben. Schlitztechnik ist einer Ausbringung mit Schleppschläuchen vorzuziehen.

Einleitung

Durch die Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) und vor allem mit der Novellierung im Jahr 2004 entstand ein regelrechter Boom beim Bau von Biogasanlagen auf Ökobetrieben. Die Anzahl von Biogasanlagen auf Ökobetrieben stieg von 2004 bis 2011 durchschnittlich um rund acht Prozent pro Jahr. Gleichzeitig erhöhte sich die installierte elektrische Gesamtleistung um jährlich rund 52 Prozent. Mit geschätzten 160 bis 180 Biogasanlagen im Jahr 2012 befanden sich knapp zweieinhalb Prozent aller Biogasanlagen auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben (Siegmeier et al., 2015).

Mit dem Einsatz von Gärreste haben besonders Öko-Landbaubetriebe ohne Viehhaltung die Möglichkeit gezielt zu Nichtleguminosen zu düngen. Insbesondere in Mecklenburg-Vorpommern können so ungünstige Standortbedingungen teilweise ausgeglichen werden. Zum einem erhoffen sich Landwirte, dass durch gezielten Einsatz der Ertrag verschiedener Kulturen gesteigert werden kann, zum anderen besteht auch der Wunsch bessere Qualitäten bei Backweizen zu erreichen (Schriever, 2013). Unklar ist bisher, zu welchen Kulturen bevorzugt Gärreste appliziert werden sollten, um den Stickstoff effizient zu verwerten. Ebenso steht eine Quantifizierung der Vorzüge bezüglich Mehrertrag und einer besseren Backqualität unter den Standortbedingungen von Mecklenburg-Vorpommern aus. Die unter ökologischen Anbaubedingungen angelegten Versuche zu Getreide können helfen, Vorteile und Risiken besser zu bewerten.

Material und Methode

Am Standort Gülzow wurden von 2010 - 2012 zwei Versuche (Vorfrucht Klee gras und Kartoffeln) mit Applikation von Gärresten im Frühjahr in Winterweizen (E-Sorte Akteur) angelegt. Die Gärreste wurden aus einem Biobetrieb mit Biogasanlage zugeführt. Zu Vegetationsbeginn und zum Zeitpunkt des Ährenschiebens erfolgte die Ausbringung in Höhe von 30 m³/ha bzw. 20 m³/ha. Die Gärreste wurden durch Parzellentechnik (150 cm Breite) mit Schleppschläuchen ausgebracht (Abb. 1). Zum ersten Termin wurden die Gärreste nach der Applikation eingestriegelt.



Abb. 1: Mit Schleppschläuchen (links) und Schlitztechnik (rechts) ausgebrachte Gärreste, Gülzow 2012, 2014

Ab 2013 wurde im Winterweizenversuch (E-Sorte Akteur/Genius) die Ausbringungsmenge auf $20 \text{ m}^3/\text{ha}$ bzw. $15 \text{ m}^3/\text{ha}$ reduziert und eine zusätzliche Variante mit ausschließlicher Düngung zum Zeitpunkt des Ährenschiebens aufgenommen ($15 \text{ m}^3/\text{ha}$). Gleichzeitig wurden in einem weiteren Versuch die Effekte einer Gärrestdüngung zu Sommergetreide getestet. Bei Sommergerste und Hafer wurden die Gärreste ausschließlich zu Vegetationsbeginn appliziert ($20 \text{ m}^3/\text{ha}$), um den Ertrag zu beeinflussen. Dagegen war die Variantenauswahl bei Sommerweizen wie bei Winterweizen. Die Ausbringung der Gärreste wurde zu allen Terminen mit Schlitztechnik vorgenommen. Die Gärreste hatten einen durchschnittlichen Trockensubstanzgehalt von 8 % und im Mittel einen N-Gehalt von 0,6 %. Alle Gärreste waren unsepariert und stammen aus einem Bio-Betrieb mit Tierhaltung. In der Biogasanlage wird Dung, Kleegras, Stroh und konventioneller Mais vergoren.

Vor der Düngung und zu Vegetationsende wurden Bodenproben in 0 - 30 und 30 - 60 cm Tiefe (Bohrstock, VDLUFA I A 6.3.1) zur Bestimmung der N_{min}-Gehalte entnommen. Während der Vegetation erfolgte die Bestimmung des Unkrautdeckungsgrades (%) und die Erfassung der Bestandesdichte (Ähren/m²). Zur Ernte wurde eine parzellenweise Ertragsermittlung vorgenommen und im Erntegut der Rohprotein- und bei Weizen darüber hinaus der Klebergehalt im Schrot bestimmt. Der Kornertrag wurden mittels f- und t-Test verrechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Bodenproben zeigten über alle drei Versuche keinen Einfluss der Gärrestdüngung auf die N_{min}-Gehalte im Boden, was auf eine vollständige Aufnahme der Nährstoffe durch die Pflanzen schließen lässt und sich mit anderen Ergebnissen deckt (Peters & Gurgel, 2011).

Winterweizen

Durch eine Gärrestgabe von 30 m^3 wurde der Ertrag des Winterweizens im Mittel der beiden Vorfrüchte signifikant um durchschnittlich 21 % angehoben (Abb. 2). Gleichzeitig stieg der Rohprotein- und Klebergehalt in einen Bereich, der eine Vermarktung als Backweizen ermöglicht. Durch eine weitere Gabe zum Ährenschieben in Höhe von 20 m^3 erhöhte sich der Ertrag nur noch unwesentlich, dagegen stiegen Rohprotein- und Klebergehalte weiter an (Abb. 2). Zwischen den beiden Vorfrüchten waren die Effekte auf Ertrag und Qualität ähnlich.

Die höheren Erträge konnten in erster Linie durch eine um ca. 12 % höhere Bestandesdichte erreicht werden. Durch die bessere Nährstoffversorgung waren die Pflanzen eher in der Lage mehr ährentragende Halme zu entwickeln.

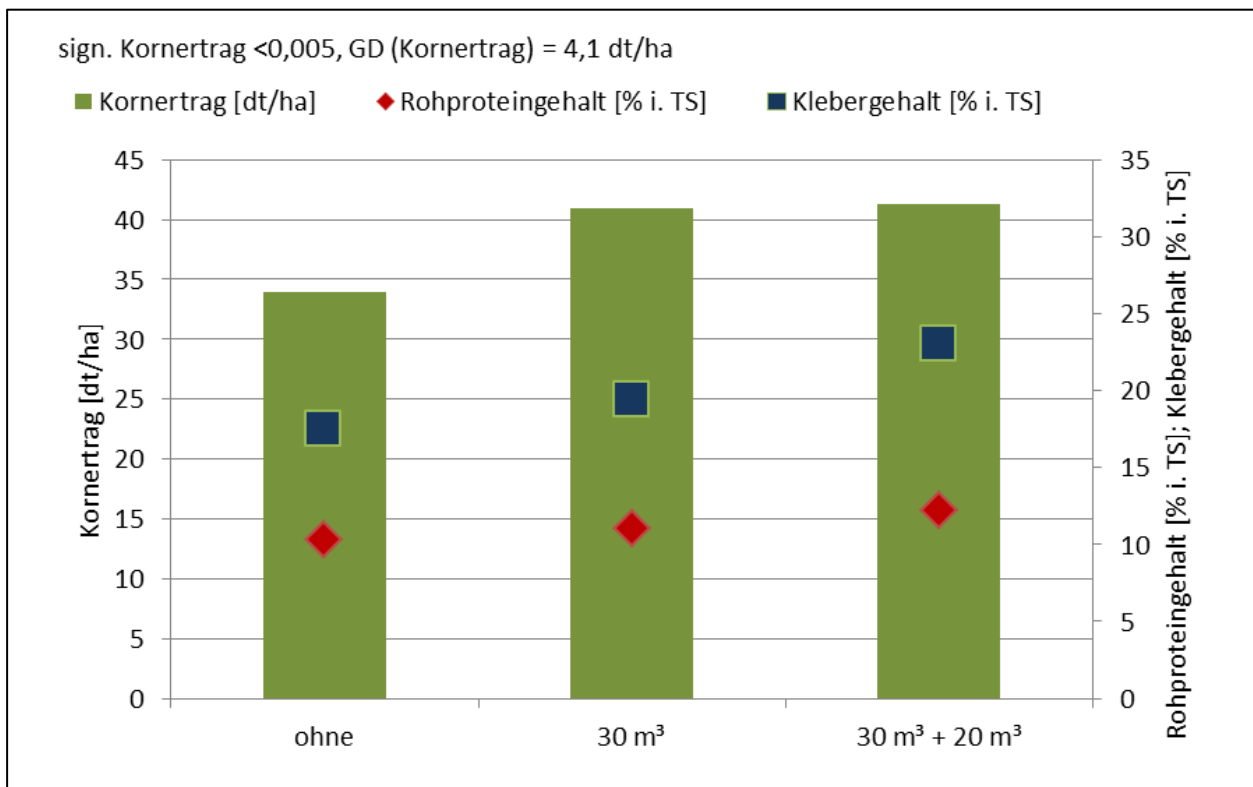


Abb. 2: Einfluss der Düngung auf Ertrag, Rohprotein- und Klebergehalt von Winterweizen (Gülzow, 2010 - 2012)

Mit der Gärrestdüngung waren bei Winterweizen in der Regel auch höhere Unkrautdeckungsgrade verbunden. Das bereits im Herbst aufgelaufene und gut entwickelte Unkraut wurde durch die Gärrestgaben „mitgedüngt“. Besonders nach der Vorfrucht Klee gras zeigten sich kräftige Unkrautpflanzen (Weißer Gänsefuß, Klatschmohn), so dass von einer zusätzlichen Stickstoffversorgung aus dem Klee gras ausgegangen werden kann (Abb. 3).

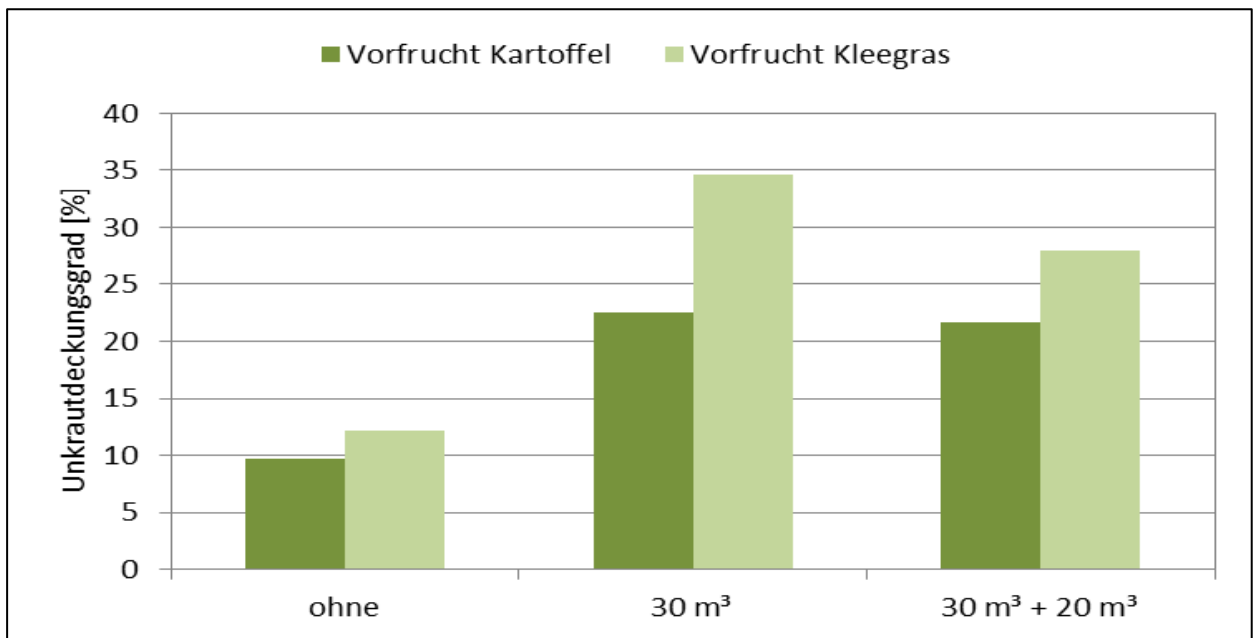


Abb. 3: Unkrautdeckungsgrad [%] in Abhängigkeit von Düngungshöhe und Vorfrucht

Ein Vergleich zwischen ausgebrachter N-Menge und dem N-Entzug durch Ertrag und Qualität zeigt die geringe Effizienz der eingesetzten Stickstoffdünger. Ohne Gärreste wurden bei einem Ertrag von 33,9 dt/ha und einem durchschnittlichen Rohproteingehalt von 11 % durch die Pflanzen 63 kg Stickstoff entzogen. Durch die Gärrestdüngung erhöhte sich der Entzug zwar,

steht aber in keinem Verhältnis zu der ausgebrachten N-Menge (Tabelle 1), auch wenn nur vom Ammonium-N (etwa 60 %) ausgegangen wird. Ungenutzte N-Mengen können teilweise durch die Nachfrucht genutzt werden. Auch im darauffolgenden Jahr führte eine frühe Gabe zu Ertragserhöhungen und eine späte zu einer weiteren Verbesserung des Rohproteingehaltes (Abb. 4). Im Boden waren keine Überhänge nach der Ernte nachweisbar, was sich mit anderen Ergebnissen am Standort deckt (Peters & Gurgel, 2011).

Es ist naheliegend, dass ein großer Teil der N-Menge während der Ausbringung im gasförmigen Zustand entweicht und verloren geht, analog zur Gülleausbringung. Untersuchungen von Kureck (2014) belegen diese Vermutung.

Tabelle 1: Effizienz der eingesetzten Düngermengen (2010 - 2012)

Variante	N-Entzug	Mehrentzug nach Düngung	mittlere ausgebrachte N-Gesamtmenge	N-Effizienz
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	%
ohne	65	-	0	-
Gärreste 30 m ³	83	18	189	10
Gärreste 30 + 20 m ³	89	24	283	9

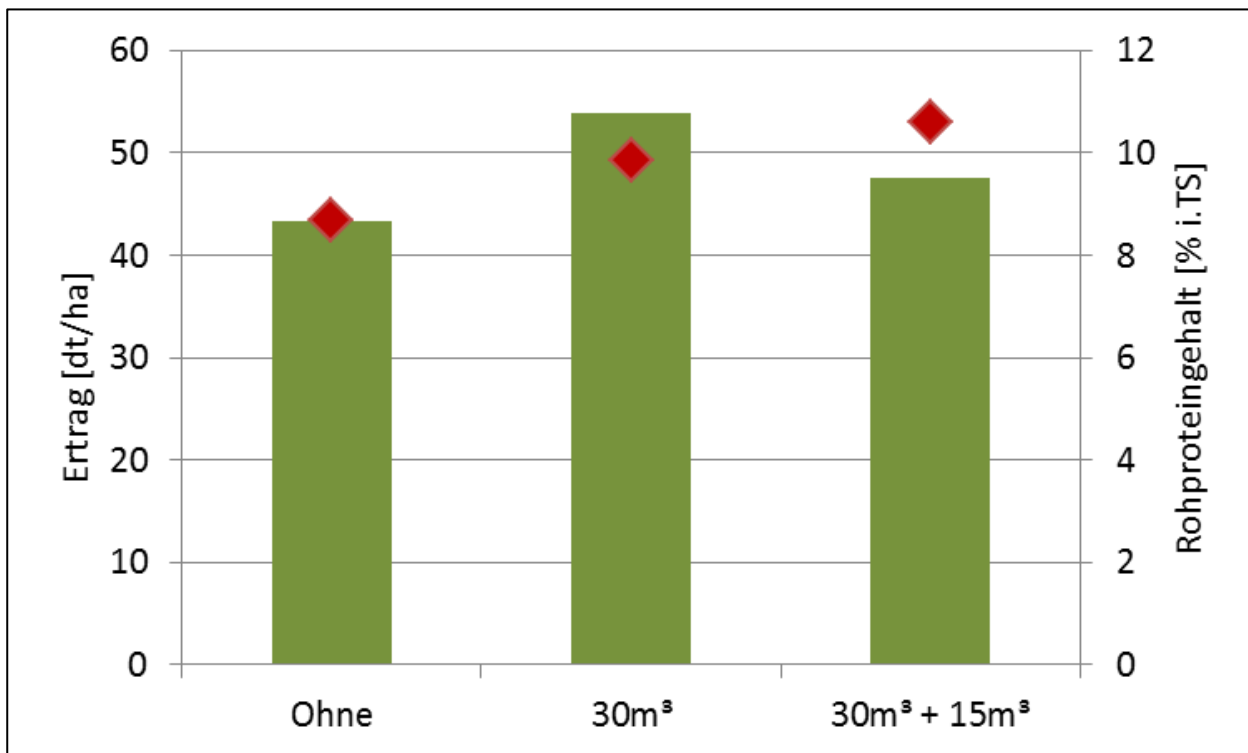


Abb. 4: Einfluss der Düngung auf Ertrag und Rohproteingehalt im Folgejahr (Gülzow 2012 - 2013, Wintergetreide)

In einem zweiten Versuchszyklus kam zur Gärrestausbringung Schlitztechnik zum Einsatz, um so die Gärreste besser in den Boden zu bringen und um dadurch die N-Effizienz zu verbessern. Insgesamt wird der Ausbringungstechnik eine hohe Bedeutung bei der Steigerung der N-Effizienz aus Gärresten beigemessen (Lichti et al., 2012). Außerdem wurde die applizierte Gärrestmenge verringert und nur noch 20 m³ bzw. 15 m³ ausgebracht.

Ähnlich wie im ersten Versuchszyklus konnten mit der ersten Gärrestgabe die Erträge signifikant gesteigert werden. Gleichzeitig verbesserte sich auch die Qualität im Winterweizen. Die Unterschiede zwischen den Varianten sind in diesem Versuch deutlicher, was auch auf das geringere Niveau in der Variante ohne Düngung zurückzuführen sein kann. Eine Gärrestgabe zum Ährenschieben verbessert noch einmal die Rohprotein- und Klebergehalte. Auch die

Gärrestgabe ausschließlich zum Ährenschieben in Höhe von 15 m³ bringt deutliche Qualitätseffekte. Mit etwa 30 % Klebergehalt werden Werte erreicht, die durchaus interessant sind. Der Ertrag unterscheidet sich nicht von der ungedüngten Kontrolle (Abb. 5). Beim Vergleich der Ausbringungsmengen im 1. und 2. Versuchszyklus mit Winterweizen ist auffällig, dass die Rohproteingehalte ähnlich die Klebergehalte bei den geringeren Mengen aber deutlich höher sind.

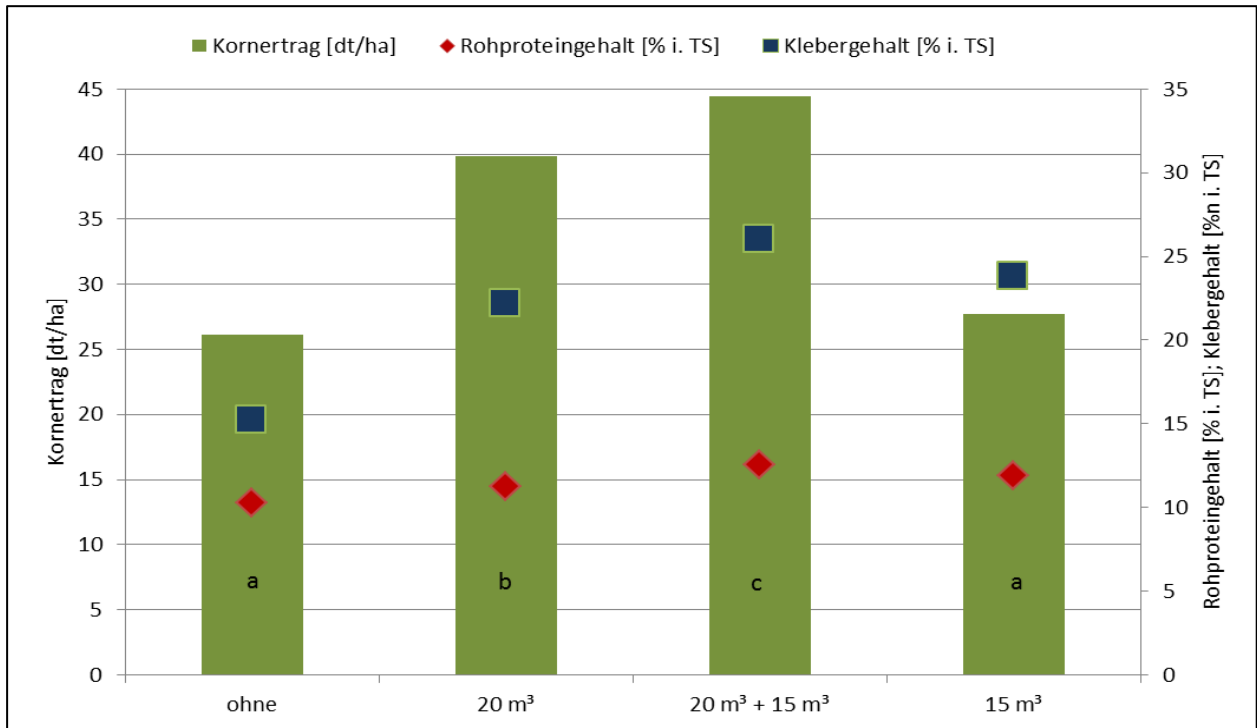


Abb. 5: Einfluss der Gärrestdüngung auf den Ertrag und den Rohproteingehalt von Winterweizen am Standort Gülzow 2013 - 2015

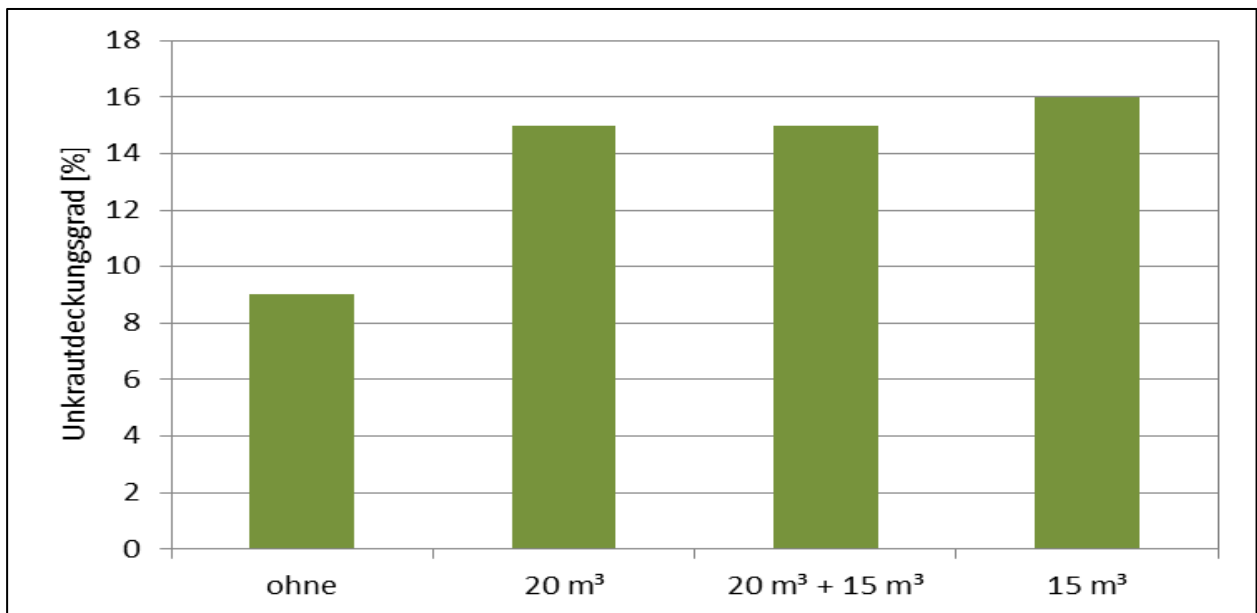


Abb. 6: Unkrautdeckungsgrad [%] in Abhängigkeit von der Düngungshöhe

Wie im ersten Versuchszyklus war auch bei geringeren Applikationsmengen der Unkrautdeckungsgrad höher als in der nicht gedüngten Variante, jedoch absolut geringer als im vorhergehenden Versuch (Abb. 6). Eine Ursache kann die bessere Platzierung des Düngers durch die Schlitztechnik sein. Dadurch ist eine schnellere Aufnahme durch die Getreidepflanze sehr wahrscheinlich.

Durch die Verringerung der ausgebrachten Gärrestmengen und den positiven Effekten bezüglich Ertrag und Qualität verbessert sich die Effizienz der eingesetzten N-Mengen deutlich. Den größten Effekt bringt dabei die erste Gabe. Durch die Düngung zum Ährenschieben wird zwar der Entzug noch einmal erhöht steht aber in keinem Verhältnis zur eingesetzten N-Menge (Tabelle 2). Bei diesen Bewertungen ist die Gesamt-N-Menge einbezogen worden. Wird von einem $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt von 60 % ausgegangen erhöht sich die Effizienz der ersten Gabe auf über 40 %.

Tabelle 2: Effizienz der eingesetzten Düngermengen im Winterweizen (Gülzow, 2013 - 2015)

Variante	N-Entzug	Mehrentzug nach Düngung	mittlere ausgebrachte N-Gesamtmenge	N-Effizienz
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	%
ohne	41	-	0	
Gärreste 20 m ³	70	29	108	25
Gärreste 20 + 15 m ³	87	46	183	26
Gärreste 15 m ³	52	11	75	19

Starke Unterschiede in der N-Wirkung aus Biogasprodukten beschreiben Lichti et al. (2012). Wesentlichen Einfluss haben dabei der Standort und das Produkt selber. Separierte flüssige Produkte erreichten eine sehr gute Effizienz, Gärreste ohne Separierung lagen bei einem MDÄ zwischen 55 und 76 % des $\text{NH}_4\text{-Stickstoff}$ s. Grundlage waren konventionelle Versuche an verschiedenen bayerischen Standorten.

Sommerweizen

Da in Winterkulturen eine gute Einbringung der Gärreste nur bedingt möglich ist, scheint die Applikation in Sommerungen, hier in Sommergetreide, eine mögliche Option zur Verbesserung der N-Effizienz. Die Gärreste wurden hierzu vor der Aussaat eingeschlitzt und eingearbeitet. Dabei kam es 2015 zu Auflaufschäden, wahrscheinlich durch Verätzungen. Die Rangfolge der Varianten hat sich im Vergleich zu den Vorjahren dadurch nicht verändert, so dass die Ergebnisse dennoch einbezogen wurden.

Die Ergebnisse der von 2013 - 2015 durchgeführten Versuche im Sommerweizen zeigen jedoch keine wesentlich anderen Effekte. Auch bei Sommerweizen konnte mit der ersten Gärrestgabe eine Ertragserhöhung erreicht werden (Abb. 7), die jedoch nur in Verbindung mit der zweiten Gabe eine Signifikanz erzielt. Zwischen den Jahren schwanken die Erträge erheblich, die Effekte zwischen den Varianten waren aber immer gleich. Hohe Ertragsschwankungen bei Sommergetreide treten auf Grund starker Witterungsunterschiede am Standort immer wieder auf. Wie bei Winterweizen wurde auch bei Sommerweizen eine höhere Anzahl ährentragender Halme festgestellt, die zwischen den Jahren allerdings stark schwankt.

Die bei Sommerweizen ohnehin höheren Rohprotein- und Klebergehalte verbessern sich weiter und erreichen Werte über 15 % bzw. beim Schrotkleber über 30 % in der Trockenmasse (Abb. 7). Diese Qualitäten dürften einen deutlichen Preisaufschlag erzielen. Auch bei einer ausschließlichen Gabe zum Ährenschieben verbessert sich die Qualität im Vergleich zur nicht gedüngten Variante deutlich. Im Versuch wurden auch zu diesem Zeitpunkt die Gärreste eingeschlitzt. Nennenswerte Schäden wurden durch diese Applikationsform zu diesem Zeitpunkt nicht beobachtet.

Im Sommergetreide spielt das Unkraut, anders als in den Winterungen, keine Rolle und bewegte sich über die Jahre zwischen 1 % und 5 %. Die Konkurrenz durch das parallel mitwachsende Getreide wirkt sich positiv aus. Allerdings war am Standort das Sommergetreide grundsätzlich in allen Jahren nahezu unkrautfrei.

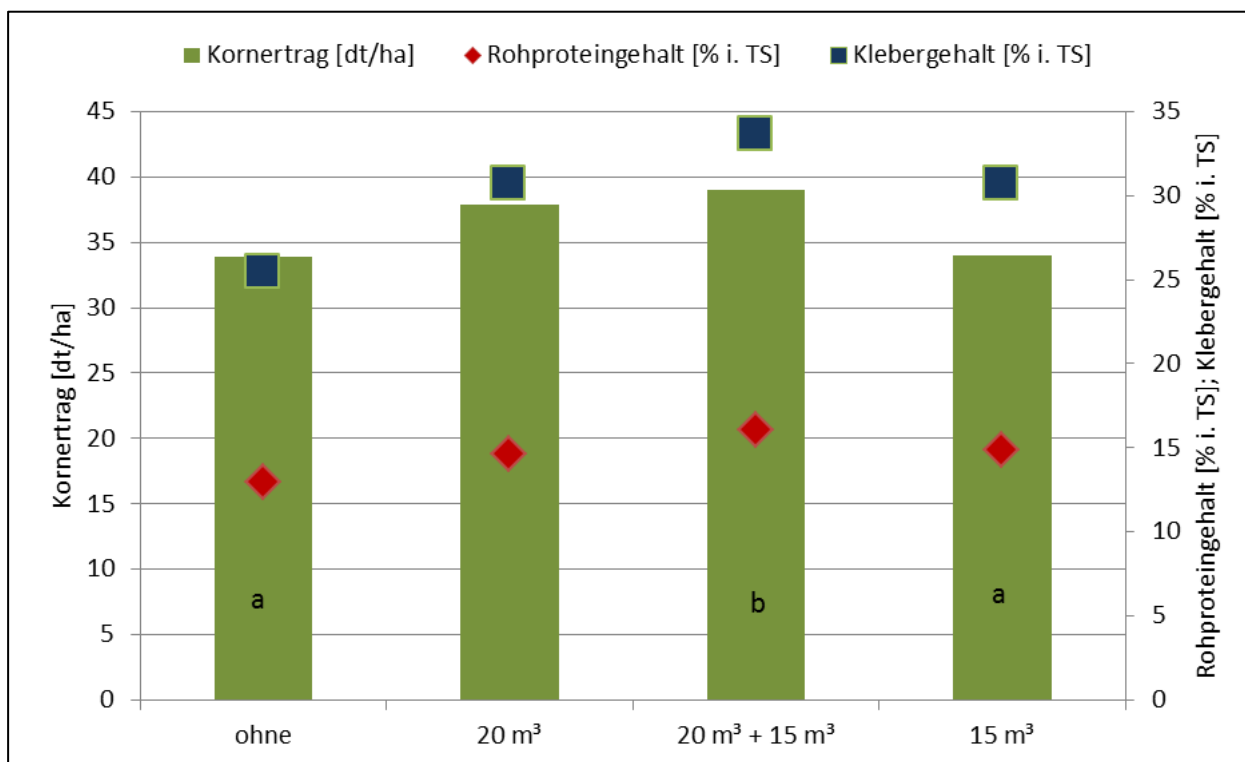


Abb. 7: Einfluss der Gärrestdüngung auf den Kornertrag und die Qualität von Sommerweizen (Standort Gülzow 2013 - 2015)

Der Blick auf die Effizienz der N-Verwertung zeigt jedoch keine nennenswerte Verbesserung im Vergleich zum Winterweizen im zweiten Versuchszyklus und bleibt auch bei der ausschließlichen Einbeziehung des NH_4 -Stickstoffs unter 50 % (Tabelle 3).

Tabelle 3: Effizienz der eingesetzten Gärrestvarianten im Sommerweizen (2013 - 2015)

Variante	N-Entzug	Mehrentzug nach Düngung	mittlere ausgebrachte N-Gesamtmenge	N-Effizienz
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	%
ohne	87	-	0	
Gärreste 20 m³	106	19	97	20
Gärreste 20 + 15 m³	125	37	170	24
Gärreste 15 m³	105	18	74	26

Sommergerste und Hafer

Bei beiden Arten waren die Ertragsunterschiede zwischen den Jahren erheblich. Während 2013 bei Sommergerste 64 dt/ha ohne Düngung erzielt wurden waren es 2015 auf Grund einer anhaltenden trockenen und kühlen Phase im Mai und Juni nur knapp die Hälfte. Ähnlich waren die Effekte bei Hafer. In der Folge waren auch die Ergebnisse nach einer Gärrestapplikation sehr unterschiedlich. So wurden bei beiden Fruchtarten 2013 ein Mehrertrag durch Düngung von etwa 10 dt/ha erreicht, in den anderen beiden Jahren nur die Hälfte. Dennoch sind alle Effekte gleichgerichtet und plausibel. Im Mittel der Jahre waren bei beiden Fruchtarten die Effekte auf den Ertrag gleich. Durch Applikation von 20 m³ Gärrest wurden 7 dt/ha mehr geerntet (Abb. 8). Bei Sommergerste wurde im Mittel der Jahre eine Erhöhung der Bestandesdichte von 540 auf 830 ährentragende Halme festgestellt. Bei Hafer erhöhte sich die Anzahl von 245 auf 330 ährentragende Halme.

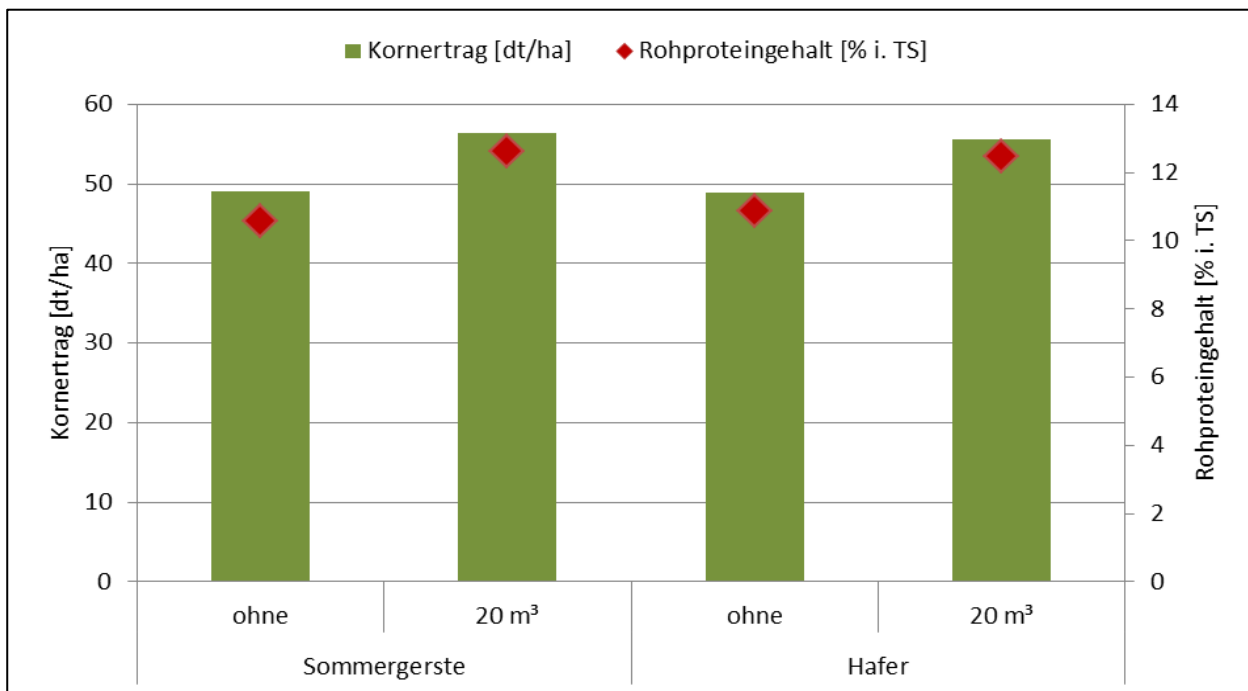


Abb. 8: Einfluss der Gärrestdüngung auf Kornertrag und Rohproteingehalt von Sommergerste und Hafer (Standort Gülzow 2013 - 2015)

Neben der Erhöhung des Ertrages ist auch eine Verbesserung des Rohproteingehaltes festzustellen. Bei der Sommergerste werden dadurch Werte erreicht, die sie für die Verwertung als Braugerste nahezu ausschließt, was bei der Planung des Gärresteinsatzes zu berücksichtigen ist.

Die N-Effizienz liegt bei Hafer im Bereich der des Weizens (Tabelle 4), bei Sommergerste waren die Effekte durch die bessere Rohproteinbildung etwas höher. 2014 konnte bei allen Sommerungen auch in der Folgekultur Auswirkungen der Düngung festgestellt werden, die die Effizienz der Maßnahme verbessern. Belastbare Zahlen können hier aber noch nicht präsentiert werden.

Tabelle 4: Effizienz der eingesetzten Düngermengen in der Sommergerste und im Hafer (2013 - 2015)

Variante		N-Entzug	Mehrentzug nach Düngung	mittlere ausgebrachte N-Gesamtmenge	N-Effizienz
		kg/ha	kg/ha	kg/ha	%
Sommergerste	ohne	93	-	0	
	Gärreste 20 m³	124	32	97	35
Hafer	ohne	97	-	0	
	Gärreste 20 m³	123	26	97	28

Schlussfolgerung

- Eine effiziente Verwertung von Stickstoff aus Gärresten erfordert eine bodennahe Ausbringung, möglichst mit Schlitztechnik. Nur so können große Mengen gasförmiger Verluste vermieden werden.
- Bei Einsatz von Gärresten im Frühjahr kann die Applikation sowohl in Winter- als auch in Sommergetreide erfolgen. Sommerungen haben den Vorteil, dass vor der Aussaat die Nährstoffe in den Boden gebracht und anschließend eingearbeitet werden können, so dass sich die Pflanze die Vorräte erwachsen kann.
- Die durch Versuche am Standort Gülzow ermittelten Effekte auf Ertrag und Qualität decken sich weitestgehend mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen. Im Öko-Landbau können Gärreste jedoch gezielt für die Düngung von Nichtleguminosen genutzt werden. Laut eigenen Ergebnissen ist davon auszugehen, dass auch im Folgejahr noch Nachwirkungen der Düngung messbar sind.
- Bei der Gärrestausrückführung sollten eher kleine Mengen appliziert werden, um eine effiziente Verwertung zu erreichen.

Literaturverzeichnis

- KURECK, L. (2014): Ansäuern und Schlitzen, was bringen neue Applikationstechniken für Gülle und Gärreste?. In: Mais- und Energiepflanzentag der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow
- LICHTI, F., WENDLAND, M., SCHMIDHALTER, U., OFFENBERGER, K. (2012): Der effektive Einsatz von Gärresten. In: Düngung mit Biogasgärresten 10. Kulturlandschaftstag, Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 11, 2012, 73 - 77, ISSN 1611-4159
- LICHTI, F., WENDLAND, M., SCHMIDHALTER, U., OFFENBERGER, K. (2012): Die Nährstoffwirkung von Gärresten. In: Düngung mit Biogasgärresten 10. Kulturlandschaftstag, Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 11, 2012, 17 - 20, ISSN 1611-4159
- PETERS, J., GURGEL, A. (2011): Landwirtschaftliche Nutzung von Biogasgülle. Abgerufen am 31.10.2015 von www.landwirtschaft-mv.de
- SCHRIEVER, CH. (2013): Stand der Nutzung von Biogasgärresten in Biobetrieben in Mecklenburg-Vorpommern und Einfluss der Gärrestdüngung auf N-Aufnahme und Ertrag von Winterweizen. Bachelorarbeit, Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde
- SIEGMEIER, T., B. BLUMENSTEIN, V. ANSPACH, (2015): Biogaserzeugung im ökologischen Landbau.
<https://www.oekolandbau.de/erzeuger/umweltleistungen/energie/biogas/biogaserzeugung-im-oekologischen-landbau/>