

Wirkung von Biogasgärresten und Hühnertrocken- kot aus ökologischem Landbau auf Ertrag und Qualität verschiedener Feldfrüchte



Abschlussbericht

Forschungsnummer 4/21

im Forschungskomplex:

Ökologischer Landbau

August 2017

Bearbeiter:

Dr. H. Gruber

Wissenschaftlicher Leiter:

Dr. H. Gruber

GLIEDERUNG

Seite

Zusammenfassung	IV
1 Einleitung	1
2 Material und Methode	2
2.1 Versuchsanlage, Versuchsdurchführung	2
2.2 Messungen, Verrechnungen	5
2.3 Maßnahmen und Eigenschaften der Dünger	6
2.4 Messung der N-Aufnahme	8
2.5 Unkrautbonituren	9
2.6 Ergebnisbeschreibung und -darstellung	9
3 Ergebnisse	10
3.1 Einfluss der Düngung auf Bestandsentwicklung und N-Aufnahme	10
3.2 Einfluss der Düngung auf den Ertrag von Winterweizen (Versuch 2010-2012)	13
3.3 Einfluss der Düngung auf die Qualität von Winterweizen (Versuch 2010-2012)	14
3.4 Einfluss der Düngung auf den Unkrautdeckungsgrad (Versuch 2010-12)	15
3.5 Einfluss der Düngung zu Winterweizen auf Ertrag und Rohproteingehalt der Folgekultur (Folgeversuch 2012-13)	16
3.6 Effizienz der Düngung zu Winterweizen (Versuch 2010-12)	16
3.7 Einfluss der Düngung mit Hühnerkotpellets auf Ertrag und Qualität von Sommerweizen (Versuch 2011-2013)	17
3.8 Einfluss der Düngung mit Gärresten auf den Ertrag von Winterweizen und Sommergetreide (Versuche 2013-15)	18
3.9 Einfluss der Düngung mit Gärresten auf die Qualität von Winterweizen und Sommergetreide (Versuche 2013-15)	19
3.10 Einfluss der Düngung mit Gärresten auf den Unkrautdeckungsgrad in Winterweizen und Sommergetreide (Versuche 2013-15)	20
3.11 Einfluss der Düngung zu Winterweizen auf Ertrag und Rohproteingehalt der Folgekultur (Folgeversuch 2014-16, Ökofeld Gülzow)	21
3.12 Effizienz der Düngung mit Gärresten zu Winterweizen und Sommergetreide (Versuch 2013-15)	22
3.13 Stickstoffhinterlassenschaften im Boden nach Düngung	23
4 Diskussion	24
4.1 Methodisches Herangehen	24
4.2 Einfluss der Düngung auf Ertrag und Qualität	25
4.3 Effekte der Düngung auf den Unkrautdeckungsgrad	26
4.4 Nachwirkung auf die Folgefrucht und Effizienz der Düngung	26
4.5 Ökonomie	26
5 Schlussfolgerungen	28

Tabellenverzeichnis	Seite
Tabelle 1: Einordnung der Versuche in die Fruchtfolge, Ökofeld Gülzow	2
Tabelle 2: Düngungsvarianten zu Winterweizen 2010-2012, Ökofeld Gülzow	3
Tabelle 3: Düngungsvarianten zu Sommerweizen 2011-2013, Ökofeld Gülzow	3
Tabelle 4: Düngungsvarianten zu Winterweizen (2013-15, Ökofeld Gülzow)	4
Tabelle 5: Düngungsvarianten zu Sommergetreide (2013-15, Ökofeld Gülzow)	4
Tabelle 6: Messungen und berechnete Merkmale	5
Tabelle 7: Maßnahmen und Termine zu den Versuchen 2010-13	6
Tabelle 8: Maßnahmen und Termine zu den Versuchen 2013-15	6
Tabelle 9: Eigenschaften der Dünger und ausgebrachte Mengen	7
Tabelle 10: Termine der Messungen mit dem Yara N-Tester	9
Tabelle 11: Signifikanz der Merkmale Düngung und Vorfrucht (GD α 5 %) zu unterschiedlichen Messterminen (2010-12)	11
Tabelle 12: Unkrautdeckungsgrad (%) nach dem Schossen von Weizen nach Vorfrucht Klee gras in Abhängigkeit von der Düngung (Ökofeld Gülzow)	15
Tabelle 13: Unkrautdeckungsgrad (%) nach dem Schossen von Winterweizen nach Vorfrucht Kartoffel in Abhängigkeit von der Düngung (Ökofeld Gülzow)	16
Tabelle 14: Nachwirkungen der Gärrestdüngung auf die Folgekulturen (Ökofeld Gülzow)	16
Tabelle 15: Effizienz der eingesetzten Dünger zu Winterweizen ohne Nachwirkungen (Mittel 2010-12)	17
Tabelle 16: Unkrautdeckungsgrad (%) im Winterweizen und Sommergetreide nach dem Schossen in Abhängigkeit von der Düngung	21
Tabelle 17: Einfluss der Düngung auf Ertrag und Rohproteingehalt der Folgekultur Winterroggen (2014-16)	22
Tabelle 18: Effizienz der eingesetzten Gärreste im Winterweizen und Sommergetreide (2013-15, Ökofeld Gülzow)	22
Tabelle 19: Boden Nmin-Gehalte (kg/ha) nach Düngung von Winterweizen, (Vorfrucht Kartoffel 2010-2012 Ökofeld Gülzow)	23
Tabelle 20: Boden Nmin-Gehalte (kg/ha) nach Düngung von Winterweizen (Vorfrucht Klee gras 2013-2016, Ökofeld Gülzow)	23
Tabelle 21: Boden Nmin-Gehalte (kg/ha) nach Düngung von Sommergetreide (Vorfrucht Klee gras 2013-2016, Ökofeld Gülzow)	23

Abbildungsverzeichnis	Seite
Abbildung 1: Art des Substratzukaufes, Nennungen laut Umfrage (Schriever 2013)	1
Abbildung 2: Applikation von Gärresten mit Schleppschlauch- und Einschlitztechnik	3
Abbildung 3: Die Langparzellenversuchsanlage, Vorfrucht Kartoffeln, 13.03.2010	4
Abbildung 4: Güllegrubber für die Ausbringung von Gärresten im Sommergetreide	5
Abbildung 5: Messung mit Yara-N-Tester (Foto: Gruber)	8
Abbildung 6: Einfluss von Düngung und Vorfrucht auf die Bestandesdichte von Winterweizen (Mittel 2010-12, Ökofeld Gülzow)	10
Abbildung 7: Einfluss der Düngung auf die Bestandesdichte bei Sommerweizen (Mittel 2011-13, Ökofeld Gülzow)	11
Abbildung 8: Einfluss der Düngung auf die Höhe der Yara-Einheiten im Mittel der Vorfrüchte bei Winterweizen (Mittel 2010-12, Ökofeld Gülzow)	12
Abbildung 9: Einfluss der Düngung auf die Höhe der Yara-Einheiten bei Sommerweizen (Mittel 2011-12, Ökofeld Gülzow)	12

Abbildung 10: Kornertrag von Winterweizen in Abhängigkeit von Düngung und Vorfrucht (adjustierte Mittelwerte 2010-12, Ökofeld Gülzow)	13
Abbildung 11: Kornertrag von Winterweizen in Abhängigkeit von der Düngung im Mittel der Vorfrüchte (adjustierte Mittelwerte 2010-12, Ökofeld Gülzow)	14
Abbildung 12: Rohproteingehalt in Abhängigkeit von der Düngung zu Winterweizen nach verschiedenen Vorfrüchten (Mittel 2010-2012, Ökofeld Gülzow)	14
Abbildung 13: Feuchtklebergehalt in Abhängigkeit von der Düngung zu Winterweizen nach verschiedenen Vorfrüchten (Mittel 2010-2012, Ökofeld Gülzow)	15
Abbildung 14: Kornertrag von Sommerweizen in Abhängigkeit von der Düngung (Mittel 2011-13, Ökofeld Gülzow)	17
Abbildung 15: Rohprotein- und Feuchtglutengehalt in Abhängigkeit von der Düngung zu Sommerweizen (Mittel 2011-13, Ökofeld Gülzow)	18
Abbildung 16: Kornertrag von Getreide in Abhängigkeit von der Gärrestdüngung (Signifikanzen innerhalb einer Kultur, 2013-15, Ökofeld Gülzow)	18
Abbildung 17: Rohproteingehalt in Abhängigkeit von der Gärrestdüngung zu Winterweizen (2013-15, Ökofeld Gülzow)	19
Abbildung 18: Rohproteingehalt in Abhängigkeit von der Düngung zu Sommergetreide (2013-15, Ökofeld Gülzow)	20
Abbildung 19: Klebergehalt in Abhängigkeit von der Düngung zu Winter- und Sommerweizen (2013-15, Ökofeld Gülzow)	20
Abbildung 20: Unkrautdeckungsgrad in % im Winterweizen (Mittelwert und Standardabweichung, Versuch 2013-15, Ökofeld Gülzow)	21

Zusammenfassung

Von 2010 bis 2016 wurden am Standort Gülzow unter ökologischen Anbaubedingungen der Einfluss der Düngung mit Gärresten und Produkten aus der Geflügelhaltung (Kompost, Pellets, Hühnertrockenkot) auf Ertrag und Qualität bei verschiedenen Getreidearten in Feldversuchen geprüft. Im Laufe des Versuchszeitraums wurden Ausbringungsmethode, Applikationsmengen und Düngerart modifiziert. Mit Hilfe des Yara-N-Testers konnte die N-Aufnahme der Pflanzen während der Vegetationszeit verfolgt werden. Neben Ertrags- und Qualitätsbestimmungen wurden Bodenuntersuchungen und Unkrautbonituren durchgeführt und im Anschluss an die Versuche die Nachwirkungen im Folgejahr getestet.

Sowohl im Winterweizen als auch im Sommergetreide waren Ertrags- und Qualitätseffekte durch Düngung nachweisbar und teilweise signifikant. Im Sommergetreide fielen die Ertragszuwächse geringer aus als im Winterweizen. Auch im Jahr nach der Düngung lassen sich noch Effekte nachweisen, die jedoch nicht immer gesichert waren. Eine Qualitätsverbesserung gelingt besonders mit einer Gärrestgabe zum Ährenschieben, wodurch höhere Preise am Markt erzielt werden können. Die Effizienz der eingesetzten Dünger war insgesamt gering, konnte aber bei den Gärresten durch Einschlitzten in den Boden und gleichzeitiger Mengenreduzierung verbessert werden. Mit einer Düngung stieg im Winterweizen auch der Unkrautdruck. Die Nmin-Gehalte im Herbst unterschieden sich nach Düngung nicht wesentlich von der ungedüngten Kontrolle.

Schlussfolgernd kann der Einsatz von Gärresten bei Einarbeitung in den Boden und Mengen zwischen 15 und 20 m³ sowohl im Winterweizen als auch im Sommergetreide zur Verbesserung von Ertrag und Qualität empfohlen werden. Gärreste und Hühnertrockenkot sollten bevorzugt zu Sommerungen eingesetzt werden, um durch Einarbeitung hohe gasförmige Verluste zu vermeiden und um eine schnelle mikrobielle Umsetzung zu gewährleisten.

1 Einleitung

Immer mehr Öko-Landwirte in Mecklenburg-Vorpommern bauen Biogasanlagen oder befinden sich in der Planungsphase. Sie folgen einem deutschlandweiten Trend, der im Rahmen einer Untersuchung erfasst wurde (Siegmeier u. Blumenstein 2017). Danach wurden besonders in Bayern und Baden-Württemberg Biogasanlagen in Öko-Betrieben gebaut. Während hier Anlagen mit kleiner und mittlerer elektrischer Nennleistung entstanden, wurden diese in Nord- und Ostdeutschland deutlich größer. Was sich in den Betrieben in Mecklenburg-Vorpommern verändert und welche Ziele sich die Betreiber stellen, war Gegenstand einer im Frühjahr 2012 im Rahmen einer Bachelorarbeit durchgeführten Umfrage (Schriever 2013). Von 14 angefragten Betrieben wurden sieben mit Hilfe eines Fragebogens interviewt. Neben Angaben zur allgemeinen Betriebsstruktur war die Bewirtschaftung der Biogasanlage von besonderem Interesse. Sowohl kleinere (150 ha) als auch große Betriebe (2000 ha) mit unterschiedlichen Standortbedingungen und überwiegend mit Tierhaltung beteiligten sich an der Befragung. Fünf Betriebe sind Mitglied in Anbauverbänden, zwei wirtschaften nach der EU-Verordnung. Gründe für den Bau der Biogasanlage waren aus Sicht der Landwirte wirtschaftliche, aber auch die Möglichkeit der Veredlung organischer Dünger, die Nutzung der Abwärme und der Einsatz der Gärreste als hochwertigen Dünger gaben den Ausschlag. Vier Betriebe bauten eine größere Anlage mit einer elektrischen Leistung über 500 kWel. Alle befragten Betriebsleiter wollen die Anlagen mit einem hohen Substratanteil aus dem eigenen Betrieb bzw. aus ökologisch wirtschaftenden Kooperationsbetrieben beschicken. Eine Zukaufoption aus konventionellen Betrieben hielten sich jedoch alle Landwirte offen. Sowohl bei den eigenen Substraten als auch bei Zukauf spielt neben dem Wirtschaftsdünger der Mais eine zentrale Rolle (Abbildung 1). Hauptsächlich sollen die Gärreste im Frühjahr in 1-2 Gaben appliziert werden und eine Menge je Gabe von 20-30 m³ umfassen.

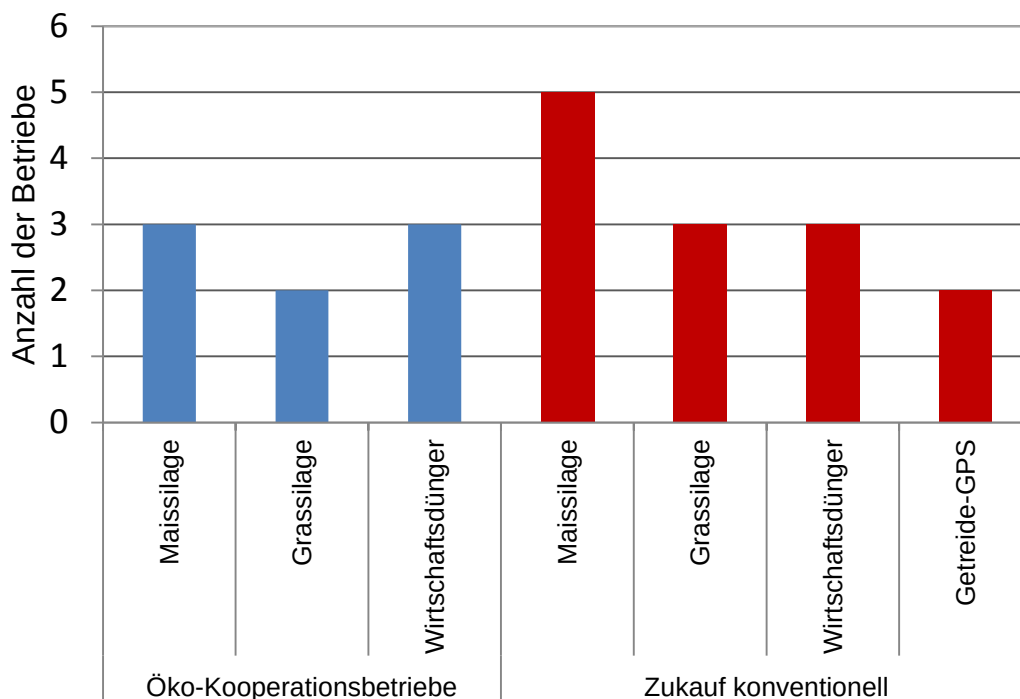


Abbildung 1: Art des Substratzukaufes, Nennungen laut Umfrage (Schriever 2013)

Durch den Einsatz der Gärreste erhoffen sich alle Landwirte eine Ertragssteigerung und Qualitätsverbesserung. Obwohl noch wenige Erfahrungen vorlagen werden Mehrerträge in Höhe von 10-20 % erwartet (Schriever 2013). Diese Erwartungen liegen im Rahmen der Ergebnisse, die bereits in anderen Gegenden Deutschlands bei mehrjähriger Ausbringung erzielt worden sind (Ansbach 2009). Die Zunahme von Bio-Legehennenbetrieben in MV stellt die Betreiber vor die Herausforderung, den anfallenden Hühnermist sinnvoll als Dünger einzusetzen. Dabei werden betriebsindividuelle Lösungen gesucht, z. B. HTK-Kompost, HTK-Pellets. Welche Effekte die

Ausbringung auf den Ertrag von Weizen haben kann, soll im Rahmen von Versuchen mit geklärt werden.

Die vor diesem Hintergrund auf dem Öko-Feld der LFA angelegten Parzellenversuche widmen sich vorrangig pflanzenbaulichen Fragestellungen. Im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen Winterweizen und Sommergetreide. Besonders Sommer- und Winterweizen können hinsichtlich der Qualität von der Ausbringung von Biogasgärresten und Geflügelkot profitieren. Bisher gibt es kaum standortangepasste Ergebnisse, die Hinweise zum Einfluss auf Ertrag und Qualität unter den Nordostdeutschen Anbaubedingungen im Öko-Landbau geben.

Ziel dieser Untersuchungen sind daher Empfehlungen zum Einsatz verschiedener organischer Dünger im Getreidebau und die Quantifizierung der Auswirkung auf Ertrag und Qualität.

2 Material und Methode

2.1 Versuchsanlage, Versuchsdurchführung

Basis der Untersuchungen sind Feldversuche am Standort Gülzow (mittlere Jahresniederschläge - 563 mm, Bodengüte - lehmiger Sand, durchschnittliche Ackerzahl - 35) in Mecklenburg-Vorpommern, Landkreis Rostock. Der erste Versuchszyklus wurde von 2010-2012 mit Winterweizen (WW), und von 2011 bis 2013 mit Sommerweizen (SW) angelegt. Bei Winterweizen erfolgte der Anbau nach den Vorfrüchten (VF) Klee gras und Kartoffeln, bei Sommerweizen nach Klee gras mit Umbruch im Frühjahr (Tabelle 1). In beiden Versuchen wurden die Düngungsvarianten als Doppelparzelle angelegt und im Kern beerntet (Abbildung 3).

Tabelle 1: Einordnung der Versuche in die Fruchtfolge, Ökofeld Gülzow

Fruchtfolge	
1	Klee gras
2	Klee gras
3	Getreide, Versuche Winterweizen u. Sommerweizen
4	Getreide
5	Kartoffeln
6	Getreide, Versuch Winterweizen

Im Winterweizen wurden Gärreste sowie Dünger aus der Geflügelhaltung ausgebracht, im Sommerweizen nur Hühnerkotpellets (Tabelle 2, Tabelle 3).

2010-2012 wurden die Gärreste mit Schleppschlauchtechnik appliziert (Abbildung 2), die Dünger aus der Hühnerhaltung per Hand ausgebracht und alle Dünger nach der Ausbringung eingestriegelt. Die Anlage der Winterweizenversuche erfolgte für das Erntejahr 2010 nur in den Varianten 1-4.



Abbildung 2: Applikation von Gärresten: bodennah (links) und eingeschlitzt (rechts), (Fotos Titze)

Tabelle 2: Düngungsvarianten zu Winterweizen 2010-2012, Ökofeld Gülzow

PG-Nr.	Beschreibung
1	ohne Düngung, WW Sorte Akteur, 400 keimfähige Körner/m ²
2	Hühnerkot 6 t/ha
3	1 x Gärreste 30 m ³ /ha
4	2 x Gärreste 30 m ³ /ha + 20 m ³ /ha
5	Hühnerkot + Quartern/Bioterra 6 t/ha + 0,4 t/ha
6	Hühnerkotpellets 3 t/ha

Lageplan: Langparzellenanlage A-B 4/4/1

R 4	1	2	2	1	3	3	1	4	4	1	5	5	1	6	6	1
R 3	1	2	2	1	3	3	1	4	4	1	5	5	1	6	6	1
R 2	1	2	2	1	3	3	1	4	4	1	5	5	1	6	6	1
R 1	1	2	2	1	3	3	1	4	4	1	5	5	1	6	6	1

Tabelle 3: Düngungsvarianten zu Sommerweizen 2011-2013, Ökofeld Gülzow

PG-Nr.	Mittel
1	ohne Düngung, SW Sorte Triso, 450 keimfähige Körner/m ²
2	Hühnerkot Pellets vor der Saat einarbeitet, 3 t/ha
3	Hühnerkotpellets nach der Saat ausbringen u. einriegeln, 3 t/ha

Lageplan: Langparzellenanlage A-B 4/4/1

R 4	1	2	2	1	3	3	1
R 3	1	2	2	1	3	3	1
R 2	1	2	2	1	3	3	1
R 1	1	2	2	1	3	3	1

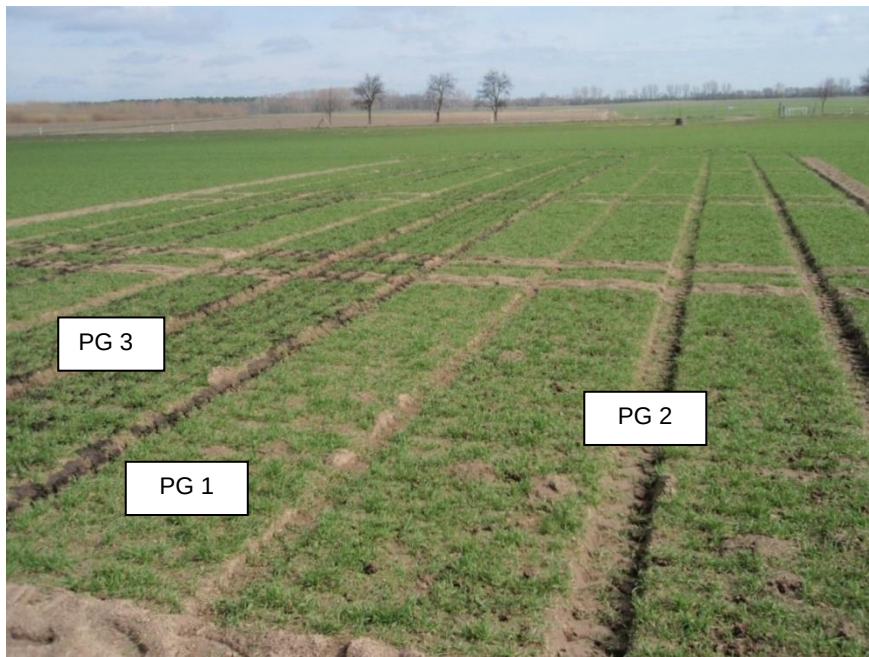


Abbildung 3: Langparzellenversuchsanlage mit Winterweizen, 13.03.2010 (Foto Gruber)

Ab 2013 wurde der Versuch mit Winterweizen nur nach der Vorfrucht Klee gras mit veränderten Ausbringungsmengen in Einfachparzellen angelegt und die Gärreste eingeschlitzt (Abbildung 2, Tabelle 4). Darüber hinaus wurden die Versuche auf Sommergetreide ausgedehnt. In Hafer (Ha), Sommergerste (SG) und Sommerweizen (SW) erfolgte die Ausbringung der Gärreste vor der Aussaat mit Grubbertechnik (Abbildung 4, Tabelle 5). Eine nur 2013 geprüfte Variante mit Kompost wurde in die Auswertungen nicht einbezogen.

Tabelle 4: Düngungsvarianten zu Winterweizen (2013-15, Ökofeld Gülzow)

PG-Nr.	Beschreibung
1	ohne Düngung, WW Sorte Akteur / Genius, 400 keimfähige Körner/m ²
2	Biogasgülle 20 m ³ Anfang März, einschlitzen
3	Biogasgülle 20 m ³ Anfang März + 15 m ³ zum Ährenschieben
4	Biogasgülle 15 m ³ zum Ährenschieben, einschlitzen

Lageplan: Langparzellenanlage A-B 4/4/1

R 4	1	2	1	3	1	4	1
R 3	1	2	1	3	1	4	1
R 2	1	2	1	3	1	4	1
R 1	1	2	1	3	1	4	1

Tabelle 5: Düngungsvarianten zu Sommergetreide (2013-15, Ökofeld Gülzow)

PG-Nr.	Beschreibung
11, 13	ohne Düngung, Ha Sorte Max 350 keimfähige Körner/m ²
8, 10	ohne Düngung, SG Sorte Streif 350 keimfähige Körner/m ²
1, 3, 5, 7	ohne Düngung, SW Sorte KWS Scirocco 450 keimfähige Körner/m ²
2	Gärreste SW 20m ³ vor der Saat eingearbeitet
4	Gärreste SW 20m ³ vor der Saat eingearbeitet + 15 m ³ zum Ährenschieben
6	Gärreste SW 15 m ³ zum Ährenschieben
9	Gärreste SG 20m ³ vor der Saat eingearbeitet
12	Gärreste Ha 20m ³ vor der Saat eingearbeitet

Lageplan: Langparzellenanlage A-B 4/4/1

R 4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
R 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
R 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
R 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13



Abbildung 4: Güllegrubber für die Gärrestausbringung im Sommergetreide (Fotos Titze)

In allen Jahren wurden die Versuche wegen technologischer Umsetzbarkeit als Langparzellenanlage konzipiert. Zwischen den Düngungsvarianten wurden Parzellen ohne Düngung als gleitender Standard mitgeführt.

Um die Einflüsse der Düngung auf die nachfolgende Kultur zu prüfen, wurde im ersten Versuchszyklus nach Winterweizen und im zweiten Zyklus darüber hinaus auch nach den Sommergetreidearten einheitlich Wintergetreide nachgebaut. Die Versuche wurden mit GPS-Technik eingemessen und punktgenau auf die Vorfruchtparzelle gedreht. Als Parameter für die Beurteilung der Effekte in der Nachfrucht wurden der Ertrag und der Rohproteingehalt herangezogen.

2.2 Messungen, Verrechnungen

Die Ertrags- und Qualitätsmerkmale wurden nach allgemein geltenden Standards bestimmt (Tabelle 6). Die Erhebung der Ährenzahl und des Kornertrages erfolgte parzellenweise, die Ermittlung der Tausendkornmasse (wird nicht besprochen), des Rohprotein- und Feuchtklebergehaltes aus einer Mischprobe je Prüfglied.

Tabelle 6: Messungen und berechnete Merkmale

Messungen	Berechnete Merkmale
Ähren je lfd. m in der Reihe	Kornertrag bei 86% TS dt/ha
Kornertrag pro Parzelle kg	Bestandesdichte (Ähren/m ²)
Trockensubstanz (Korn) %	
Rohprotein (Korn /Kern) in TM (%), VDLUFA III 4.1.1 *	
Feuchtkleber % in 86 % TM ICC- Standard Nr. 155	
Bodenprobenahme (Bohrstock, VDLUFA I A 6.3.1)	

* Rohprotein = % N x Faktor (Faktor = 6,25 , Ausnahme WEIZEN = 5,7)

Vor der Düngung und zu Vegetationsende wurden Bodenproben (Mischprobe je Prüfglied) in 0 - 30 und 30 - 60 cm Tiefe zur Bestimmung der Nmin-Gehalte entnommen. Die ein- und mehrjährige varianzanalytische Verrechnung des Ertrages wurde in PIAFStat als Langparzelle mit geostatistischem Ausgleich vorgenommen (Michel et al. 2007).

2.3 Maßnahmen und Eigenschaften der Dünger

Düngungs- und Striegeltermine wurden der jeweiligen Jahreswitterung angepasst (Tabelle 7/8).

Tabelle 7: Maßnahmen und Termine zu den Versuchen 2010-13

Maßnahmen/Termine	Winterweizen, Sorte Akteur	Sommerweizen, Sorte Triso
Saatstärke kf. Kö./m ²	400	450
Saattermine	30.09.2009 24.09.2010 26.09.2011	21.03.2011 15.03.2012 09.04.2013
Düngungstermin 1	31.03.2010 24.03.2011 21.03.2012	21.03.2011 15.03.2012 09.04.2013
Düngungstermin 2	27.05.2010 12.05.2011 05.05.2012	
Striegeltermine 2010	31.03.2010 ²⁾ 09.04.2010 26.04.2010 ¹⁾	
Striegeltermine 2011	14.10.2010 24.03.2011 ²⁾ 08.04.2011	01.04.2011 19.04.2011
Striegeltermine 2012	04.10.2011 21.03.2012 ²⁾ 12.04.2012	16.04.2012 25.04.2012
Striegeltermine 2013		15.04.2013 + 16.05.2013

Tabelle 8: Maßnahmen und Termine zu den Versuchen 2013-15

Maßnahmen/Termine	Winterweizen	Sommergetreide
Sorte	Akteur, 2015 Genius	SW KWS Scirocco, Ha Max, SG Streif
Saatstärke kf. Kö./m ²	400	SW 450, Ha 350, SG 350
Saattermine	01.10.2012, 02.10.2013 29.09.2015	09.04.2013 12.03.2014 17.03.2015
Düngungstermin 1	09.04.2013 11.03.2014 11.03.2015	09.04.2013 12.03.2014 17.03.2015
Düngungstermin 2	31.05.2013 14.05.2014 22.05.2015	06.06.2013 27.05.2014 12.06.2015
Striegeltermine 2013	09.04.2013 ²⁾ 15.04.2013 22.04.2013	15.04.2013 26.04.2013 16.05.2013
Striegeltermine 2014	08.10.2013 11.03.2014 ²⁾ 27.03.2014	27.03.2014 17.04.2014 22.04.2014
Striegeltermine 2015	03.10.2014 28.10.2014 07.11.2014 12.03.2015	23.03.2015 25.03.2015 24.04.2015 11.05.2015

¹⁾ nur Versuch nach Kartoffeln, ²⁾ Dünger wurde zum Ausbringungstermin eingestriegelt

Der Saattermin unterschied sich besonders im Frühjahr 2013 von denen der anderen Jahre, da die Witterung keine frühere Aussaat zuließ. Sorten und Saatstärken waren im Untersuchungszeitraum konstant.

Die Ausbringungsmenge der Dünger aus der Legehennenhaltung entsprach der der Herkunft-

betriebe. Dadurch wurden in den Varianten unterschiedliche Gesamtstickstoffmengen ausgebracht. 2010 wurden zu Winterweizen Gärreste (BGG) und Hühnertrockenkot (HTK), ab 2011 auch Hühnerkotpellets und Hühnertrockenkot mit BioTerra ausgebracht. BioTerra ist ein Bodenverbesserer und Kompoststarter aus verschiedenen Materialien pflanzlicher und mineralischer Herkunft, kompostiert und mit natürlichen Mikroorganismen der Marcel MEZY Technologie® versetzt (o. V. 2017b). Bio Terra wurde mit 0,4 l/ha auf den ausgebrachten Hühnerkot verteilt und beides anschließend eingestriegelt. Alle Dünger sind im Ökolandbau zugelassen und wurden aus Biobetrieben bezogen.

Die Biogasgärreste stammen aus einer Anlage, die ausschließlich Substrate vergärt, die in Anhang I der VO (EG) Nr. 889/2008 aufgeführt sind. Dazu zählen Getreide und Getreideganzpflanzensilage, Klee gras, Festmist, Hühnertrockenkot und Mais. Die Anteile der einzelnen Substrate variieren leicht, wobei Ganzpflanzensilage, Festmist und Mais drei Viertel der Gesamtsubstratmenge ausmachen. Der Trockensubstanzgehalt der ausgebrachten Bio-Gärreste lag im Mittel der Jahre über dem von konventionellen Gärresten, die ebenfalls in Versuchen an der LFA eingesetzt wurden. Der NH_4 -Anteil am Gesamtstickstoffgehalt schwankte zwischen 54 und 65 % (Tabelle 9) und entsprach im Mittel dem Anteil konventioneller Gärreste (Peters u. Thiel 2016).

Die Bestimmung der Inhaltsstoffe erfolgte 2010 nur für Stickstoff, ab 2012 wurden weitere Nährstoffe und ab 2013 auch der NH_4 -Gehalt der Gärreste untersucht (Tabelle 9).

Tabelle 9: Eigenschaften der Dünger und ausgebrachte Mengen

Dünger 2010	TM	N		P	K	Mg	Ausbringungs- menge
	%	jeweils in % der Frischmasse					
HTK	40	2,81					6 t/ha
Gärreste 1	9,5	0,71					30 m³/ha
Gärreste 2*	7,1	0,53		0,24	0,47	0,07	20 m³/ha
Dünger 2011	TM	N		P	K	Mg	
	%	jeweils in % der Frischmasse					
HTK	63,9	2,4		1,36	1,22	0,48	6 t/ha
Gärreste 1	8,7	0,68		0,14	0,42	0,04	30 m³/ha
Gärreste 2	8	0,51					20 m³/ha
HTK-Pellets	86,1	2,3		1,46	1,1	0,5	3 t/ha
HTK + BioTerra							6 t/ha + 0,4 t/ha
Dünger 2012	TM	N	NH ₄	P	K	Mg	
	%	jeweils in % der Frischmasse					
HTK	36,8	1,82		0,7	0,62	0,25	6 t/ha
Gärreste 1	7,1	0,5		0,1	0,32	0,04	30 m³/ha
Gärreste 2	7,3	0,37	0,2	0,04	0,24	0,04	20 m³/ha
HTK-Pellets	89,4	1,99		1,22	0,95	0,44	3 t/ha
HTK-Kompost + BioTerra	78,6	1,22		0,93	1,24	0,44	12 t/ha
Dünger 2013	TM	N	NH ₄	P	K	Mg	
	%	jeweils in % der Frischmasse					
Gärreste WW/SoGe 1	8,3	0,56	0,32	0,14	0,40	0,05	20 m³/ha
Gärreste WW 2	7,2	0,41	0,22	0,09	0,39	0,04	15 m³/ha
HTK-Pellets	91,3	1,96	0,26	1,12	0,93	0,41	3 t/ha
Gärrest SoGe 2	6,9	0,35	0,18	0,07	0,29	0,05	15 m³/ha

Fortsetzung Tabelle 10: Eigenschaften der Dünger und ausgebrachte Mengen

Dünger 2014	TM	N	NH₄	P	K	Mg	
	%	jeweils in % der Frischmasse					
Gärreste WW/SoGe 1	10,8	0,50	0,29	0,18	0,39	0,08	20 m ³ /ha
Gärreste WW 2	8,6	0,52	0,28	0,12	0,39	0,07	15 m ³ /ha
Gärrest SoGe 2	8,2	0,54	0,29	0,12	0,43	0,06	15 m ³ /ha
Dünger 2015	TM	N	NH₄	P	K	Mg	
	%	jeweils in % der Frischmasse					
Gärreste WW 1	9,9	0,56	0,36	0,12	0,37	0,09	20 m ³ /ha
Gärreste SoGe 1	10,7	0,60	0,39	0,18	0,41	0,1	20 m ³ /ha
Gärreste WW/SoGe 2	6,9	0,58	0,39	0,09	0,31	0,04	15 m ³ /ha

* Betriebswerte

2.4 Messung der N-Aufnahme

Der Yara-N-Tester ermittelt über die Messung der Schwächung des Lichtimpulses bei verschiedenen Wellenlängen nach der Durchstrahlung von Blättern den Chlorophyllgehalt, also die Grünfärbung der Blätter. Der Chlorophyllgehalt lässt direkt Rückschlüsse auf den N-Ernährungszustand der Pflanze zu (Boese 2008).

Die Messungen wurden Parzellenweise von 2010-2012 im Winterweizen und 2011-2012 im Sommerweizen in der Mitte des jeweils jüngsten, bereits voll entfalteten, Blattes vorgenommen (Abbildung 5). Für einen Wert wurden an 30 Einzelpflanzen Messungen durchgeführt. Aus den 30 Teilmessungen bildet das Gerät automatisch einen Mittelwert. Stark abweichende Messwerte werden von dem Gerät nicht für die Mittelwertbildung berücksichtigt (YARA, 2012).

2010 wurden die Daten von Düsing (2010) erhoben und in die mehrjährige Verrechnung einbezogen. In den Jahren 2011 und 2012 wurden die Messungen von Schriever (2013) durchgeführt und in der Bachelorarbeit ausgewertet (

Tabelle 11). Bei der Auswahl der Messpunkte wurden Randeinwirkungen weitestgehend ausgeschlossen. Die statistische Auswertung wurde mittels Varianzanalyse, f-Test und t-Test durchgeführt.



Abbildung 5: Messung mit Yara-N-Tester (Foto: Gruber)

Tabelle 11: Termine der Messungen mit dem Yara N-Tester

Messtermine	1. Termin	2. Termin	3. Termin	4. Termin
Winterweizen				
2010	04.05.2010	18.05.2010	08.06.2010	-
2011	29.04.2011	11.05.2011	31.05.2011	15.06.2011
	03.05.2011*	11.05.2011*	31.05.2011*	14.06.2011*
2012	27.04.2012	14.05.2012	29.05.2012	11.06.2012
Sommerweizen				
2011	03.05.2011	13.05.2011	31.05.2011	14.06.2011
2012	27.04.2012	14.05.2012	29.05.2012	11.06.2012

*Düngungsversuch Vorfrucht Kartoffel

2.5 Unkrautbonituren

Unkrautbonituren wurden von 2010-2012 nach dem Schossen im Winterweizen nach beiden Vorfrüchten durchgeführt. Im zweiten Versuchszyklus ab 2013 wurde auch der Unkrautdeckungsgrad im Sommergetreide ermittelt. Die Schätzung des Deckungsgrades erfolgte parzellenweise und für den zweiten Versuchszyklus wurde auch eine varianzanalytische Verrechnung vorgenommen.

2.6 Ergebnisbeschreibung und -darstellung

Die folgenden Ergebnisse werden in der Reihenfolge ihrer Entstehung besprochen und dargestellt, sodass der erste Versuchszyklus Ergebnisse im Winterweizen von 2010 bis 2012 und deren Nachwirkungen auf die Folgekultur bis 2013 sowie in Sommerweizen von 2011 bis 2013 umfasst. Im Weiteren folgen die Ergebnisse des zweiten Versuchszyklus von 2013 bis 2015 mit Winterweizen und Sommergetreide sowie der Einfluss der Düngung auf die Folgekultur bis 2016. In den Abbildungen des ersten Versuchszyklus entsprechen 1 x Gärreste einer Ausbringungsmenge von 30 m³ und 2 x Gärreste einer Menge von 30 + 20 m³. Aus Platzgründen wurde diese Darstellungsweise gewählt. Im zweiten Versuchszyklus mit ausschließlich Gärrestapplikation wurden in den Abbildungen direkt die Ausbringungsmengen angegeben.

3 Ergebnisse

3.1 Einfluss der Düngung auf Bestandsentwicklung und N-Aufnahme

In allen Untersuchungsjahren entwickelten sich die Bestände entsprechend der vorherrschenden Bedingungen recht unterschiedlich. 2010 war der Winterweizen nach Klee gras auf Grund extremer Trockenheit bis in den Mai sehr schwach im Bestand. Entgegen den mehrjährigen Bestandesdichten von meist über 300 ährentragenden Halmen/m² wurden hier nur 200 erreicht (Abbildung 6).

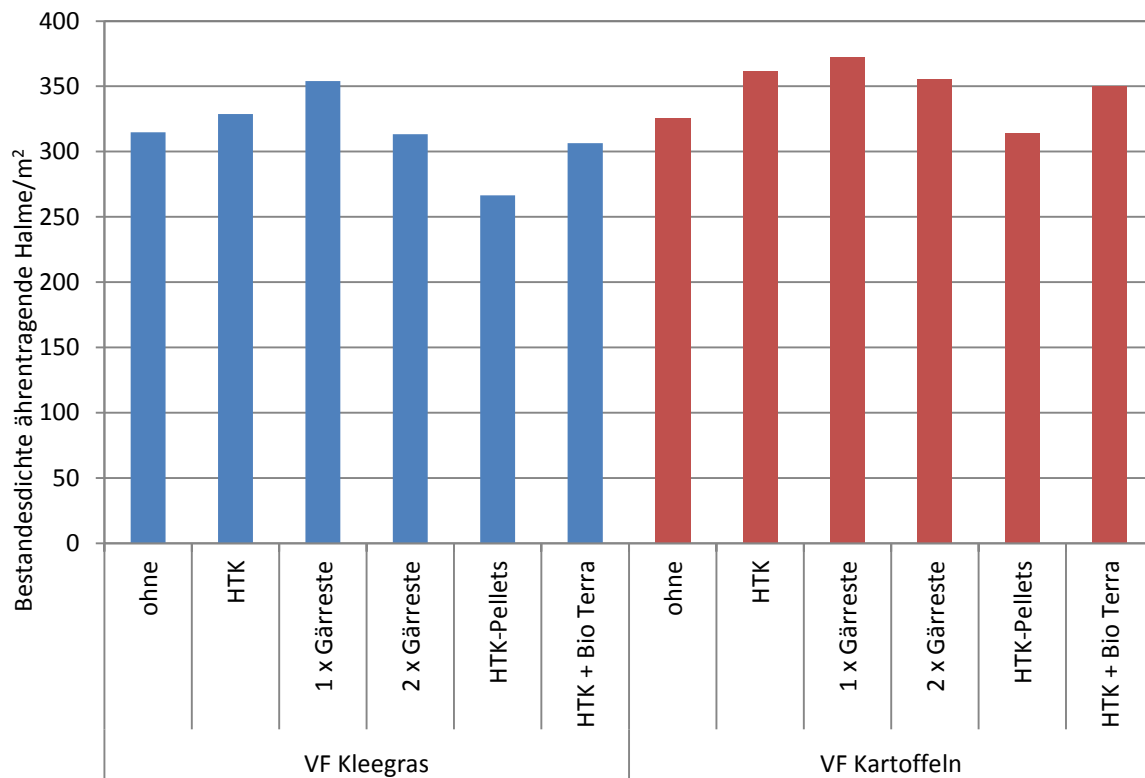


Abbildung 6: Einfluss von Düngung und Vorfrucht auf die Bestandesdichte von Winterweizen (Mittel 2010-12, Ökofeld Gülzow)

Der im gleichen Jahr untersuchte Weizenbestand nach der Vorfrucht Kartoffel hatte 80 ährentragende Halme mehr und erzielte auch einen deutlich höheren Ertrag. Die Tendenz der höheren Anzahl ährentragender Halme nach der Vorfrucht Kartoffeln setzt sich auch 2011 fort. Im Mittel der Jahre waren zwischen den Düngungsvarianten nach beiden Vorfrüchten vergleichbare Tendenzen zu beobachten. Nach Einsatz von Hühnertrockenkot und Gärresten waren die Bestandesdichten erhöht, der Einsatz von Hühnerkot-Pellets führte zu den jeweils geringsten. Während bei Winterweizen in Abhängigkeit von der Düngung sehr unterschiedliche Bestandesdichten festgestellt wurden, waren diese bei Sommerweizen sowohl zwischen den Jahren als auch zwischen den Düngungsvarianten vergleichsweise einheitlich (Abbildung 7). Da die Pellets einen Trockensubstanzgehalt zwischen 86 und 91 % aufwiesen, ist davon auszugehen, dass die Löslichkeit sehr stark von den Feuchtigkeitsverhältnissen zur Saat abhängt und für die Bestockung aus den Pellets kaum Stickstoff zur Verfügung gestellt wurde.

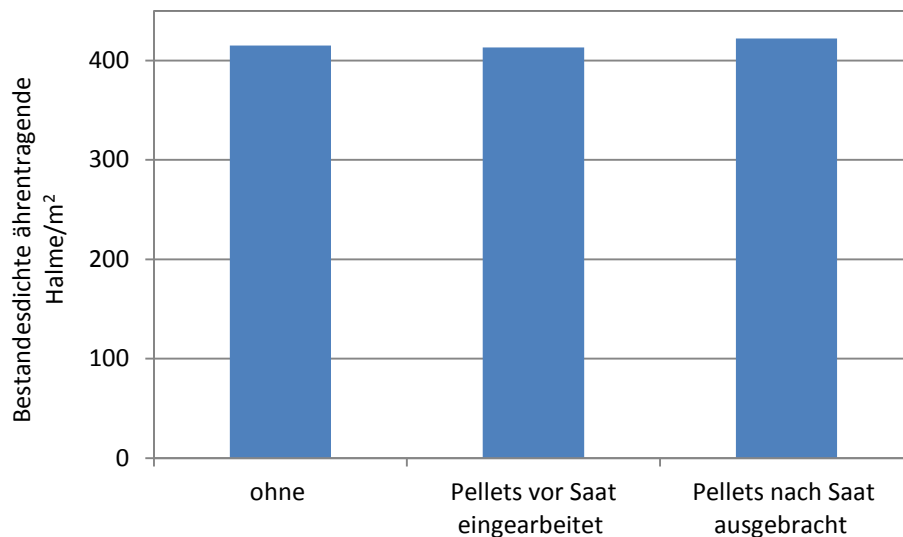


Abbildung 7: Einfluss der Düngung auf die Bestandesdichte bei Sommerweizen (Mittel 2011-13, Ökofeld Gülzow)

Um die N-Aufnahme beurteilen zu können, wurden mit dem Yara N-Tester zu Winterweizen zu vier verschiedenen Terminen Messungen durchgeführt. Dabei ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Vorfrüchten. Zwischen den Düngungsvarianten wurden signifikante Unterschiede erst ab dem zweiten Messtermin nachgewiesen (Tabelle 12).

Tabelle 12: Signifikanz der Merkmale Düngung und Vorfrucht (GD α 5 %) zu unterschiedlichen Messterminen (2010-12)

Termine	Düngung	Vorfrucht
T 1 Ende April/Anfang Mai (E April/A Mai)	nicht signifikant	nicht signifikant
T 2 Mitte Mai (M Mai)	signifikant	nicht signifikant
T 3 Ende Mai (E Mai)	signifikant	nicht signifikant
T 4 Mitte Juni (M Juni)	signifikant	nicht signifikant

Im Mittel der Jahre waren 4-6 Wochen nach der Düngung zum ersten Messtermin keine signifikanten Differenzierungen messbar. Erst mit dem zweiten Termin unterschieden sich die zwei Gärrestvarianten signifikant von den gemessenen Werten der anderen. Deutlich geringere Messwerte lieferten die Varianten mit Hühnerkotkompost + BioTerra, mit Hühnerkotpellets und die Variante ohne Düngung. Die Düngung mit Hühnertrockenkot ergab mittlere Werte. Ausschlaggebend für das Messergebnis sind die Schnelligkeit der N-Aufnahme und die ausgebrachte Stickstoffmenge. Während bei der Variante 1 x Gärreste bereits zum dritten Messtermin eine Abnahme der Werte zu verzeichnen war, stiegen diese bei allen anderen Varianten weiter leicht an. Ursache ist die anhaltende Wirkung nach der zweiten Gärrestgabe bzw. die langsamere aber nachhaltigere Wirkung von Pellets und Kompost (Abbildung 8). Die geringsten Werte ergaben sich zu allen Terminen in der Variante ohne Düngung.

In weiten Teilen rangieren die Messkurven entsprechend der ausgebrachten N-Menge, so dass diese Methode auch im Öko-Landbau als indirektes Messverfahren und Ausdruck der N-Aufnahme durch die Pflanze empfohlen werden kann.

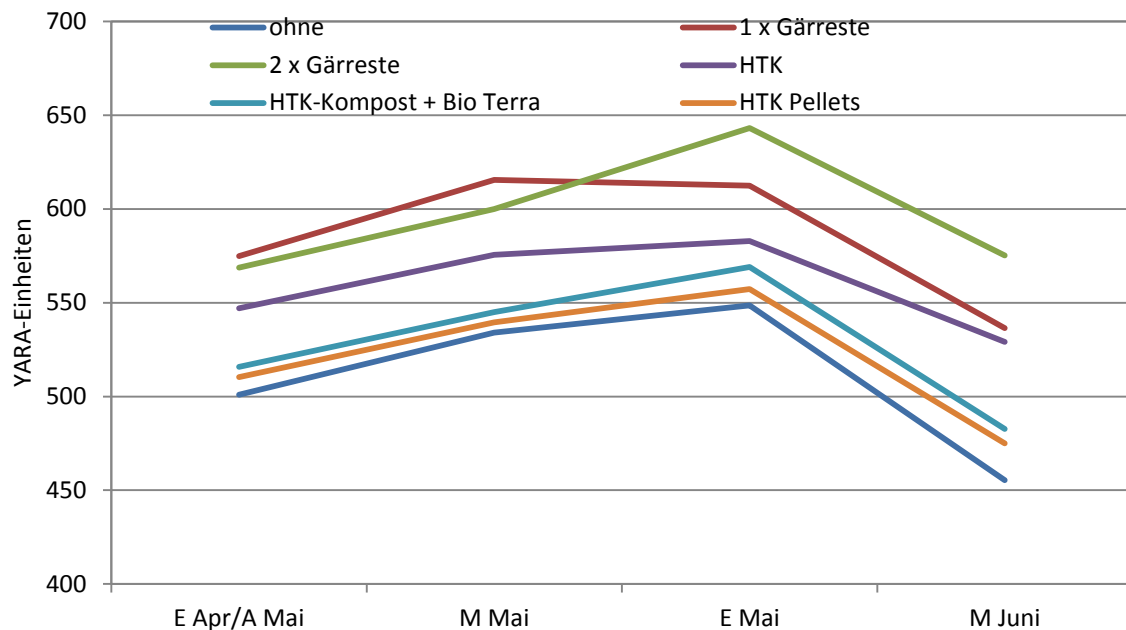


Abbildung 8: Einfluss der Düngung auf die Höhe der Yara-Einheiten im Mittel der Vorfrüchte bei Winterweizen (Mittel 2010-12, Ökofeld Gülzow)

Im Sommerweizen wurden nach der Ausbringung der Pellets ebenfalls Messungen mit dem YARA N-Tester durchgeführt. Im Mittel der beiden Jahre zeigt sich wie bei Winterweizen nach Düngung eine Zunahme der Messwerte (Abbildung 9).

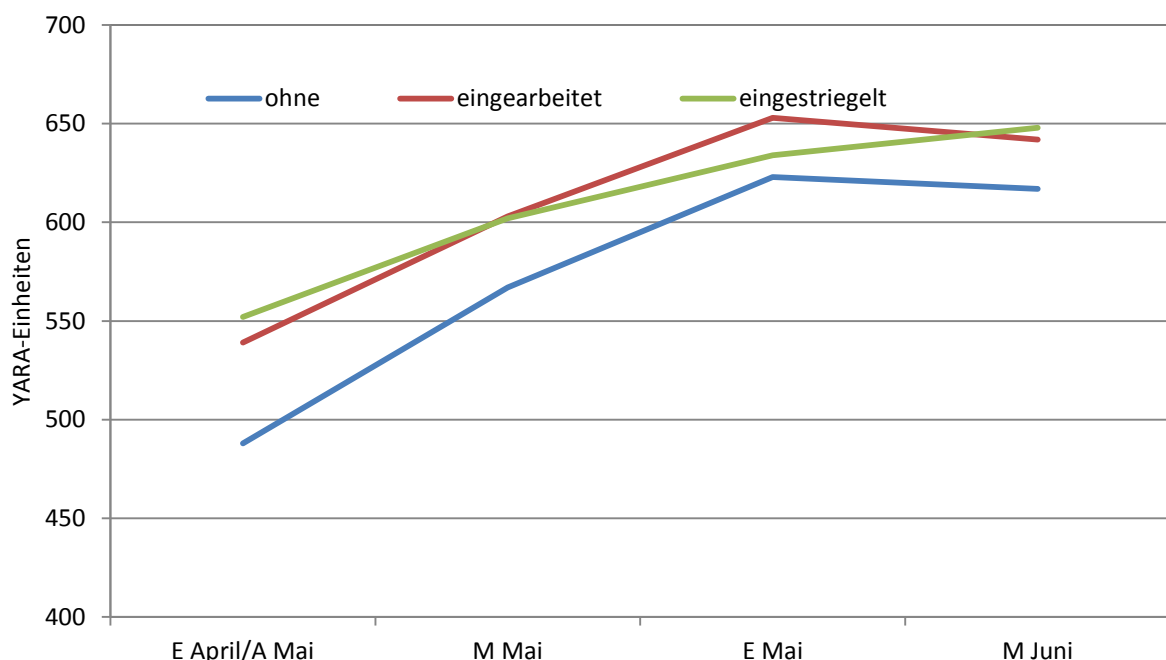


Abbildung 9: Einfluss der Düngung auf die Höhe der Yara-Einheiten bei Sommerweizen (Mittel 2011-12, Ökofeld Gülzow)

Allerdings wurden 2011 deutlich höhere Werte gemessen als 2012. Ursache können die um 3° C höheren Bodentemperaturen und damit besseren Mineralisierungsbedingungen im Boden sein. Insgesamt waren die Anstiege aller Varianten stärker als bei Winterweizen, was auf die

unterschiedlichen Mineralisationsbedingungen bei Sommer- und Wintergetreide zurückgeführt werden kann. Zwischen den beiden Düngungsvarianten waren die Unterschiede gering, die hauptsächlich zum dritten Messtermin Ende Mai messbar waren. Die höheren Messwerte bei Einarbeitung der Pellets lassen eine schnellere Wirkung vermuten. Dieser Peak wird mit dem Einstriegeln erst zwei Wochen später erreicht.

3.2 Einfluss der Düngung auf den Ertrag von Winterweizen (Versuch 2010-2012)

Für die Versuchsauswertung wurden die Ergebnisse der Winterweizenversuche nach unterschiedlichen Vorfrüchten (Kartoffeln, Klee gras) herangezogen. Da im Jahr 2010 nicht alle Varianten geprüft wurden, entstanden unbalancierte Datensätze, die nach der Hohenheimer-Gülzower Methode adjustiert und verrechnet wurden. Die Auswertung ergab, dass der Weizen nach beiden Vorfrüchten auf die Düngung ähnlich reagierte, jedoch keine Signifikanz der Düngung festgestellt werden konnte (Abbildung 10).

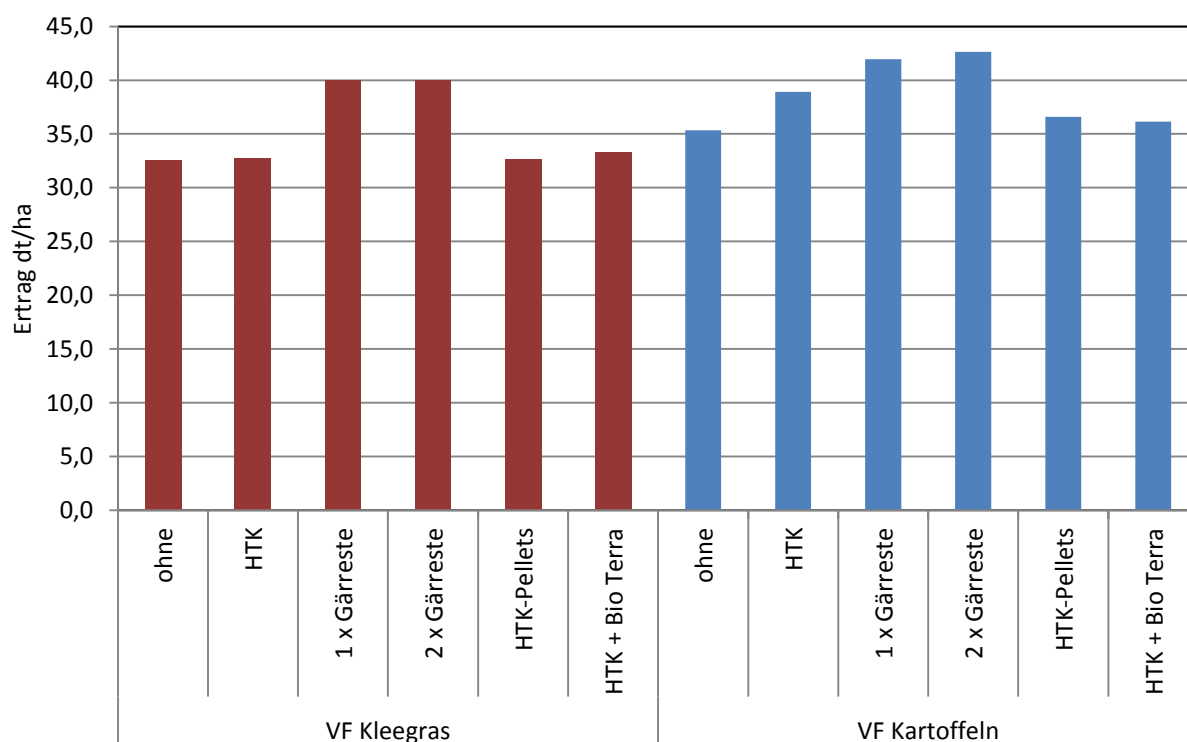


Abbildung 10: Kornertrag von Winterweizen in Abhängigkeit von Düngung und Vorfrucht (adjustierte Mittelwerte 2010-12, Ökofeld Gülzow)

Da beide Vorfrüchte ähnliche Tendenzen zeigten, wurde in einem zweiten Schritt der Einfluss der Vorfrucht überprüft. Dazu wurden die Erträge aller Jahre und Vorfrüchte zusammen verrechnet und mit dem F-Test der Einfluss der Vorfrucht bestimmt. Die Verrechnung ergab keine Signifikanz des Faktors Vorfrucht und keine Wechselwirkungen zwischen Vorfrucht und Düngung, worauf hin der Ertrag unabhängig von der Vorfrucht verrechnet wurde. Im Ergebnis dieser Verrechnung konnte im F-Test nicht nur ein signifikanter Einfluss der Düngung sondern im t-Test auch signifikante Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt werden. Danach unterschieden sich die beiden Gärrestvarianten signifikant von allen anderen. Zwischen der Kontrolle (ohne Düngung) und den Hühnerkotvarianten konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden (Abbildung 11).

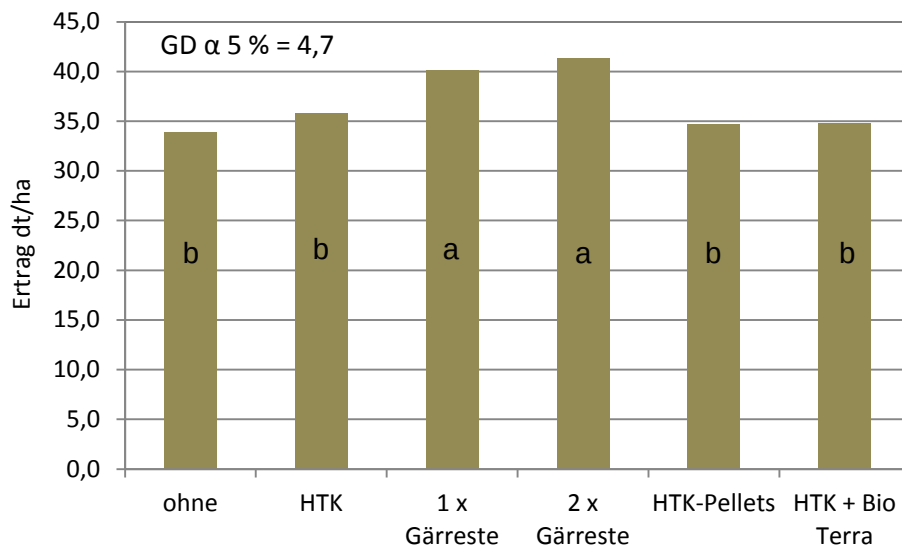


Abbildung 11: Kornertrag von Winterweizen in Abhängigkeit von der Düngung im Mittel der Vorfrüchte (adjustierte Mittelwerte 2010-12, Ökofeld Gülzow)

3.3 Einfluss der Düngung auf die Qualität von Winterweizen (Versuch 2010-2012)

Insgesamt wurde in allen drei Untersuchungsjahren ein geringer Rohprotein- und Feuchtklebergehalt festgestellt. Für die Mittelwertbildung wurden die Gehalte der Varianten HTK-Pellets und HTK-BioTerra adjustiert, um sie mit den Gehalten der anderen Varianten vergleichbar zu machen. Der Einfluss der Düngung auf den Rohproteingehalt im Korn ist bei beiden Vorfrüchten nahezu identisch. Eine zweimalige Gärrestgabe kann, hervorgerufen durch die späte Applikation, den Rohproteingehalt noch einmal erhöhen. Dabei ist dieser Effekt nach der Vorfrucht Klee-gras stärker ausgeprägt als bei Kartoffelvorfrucht (Abbildung 12). Ähnliche Tendenzen zeigen sich auch im Klebergehalt, wobei sich bei zweimaliger Gabe von Gärresten der positive Einfluss von Klee-gras als Vorfrucht manifestiert. Eine zusätzliche späte N-Nachlieferung aus dem Klee-gras ist hier sehr wahrscheinlich (Abbildung 13).

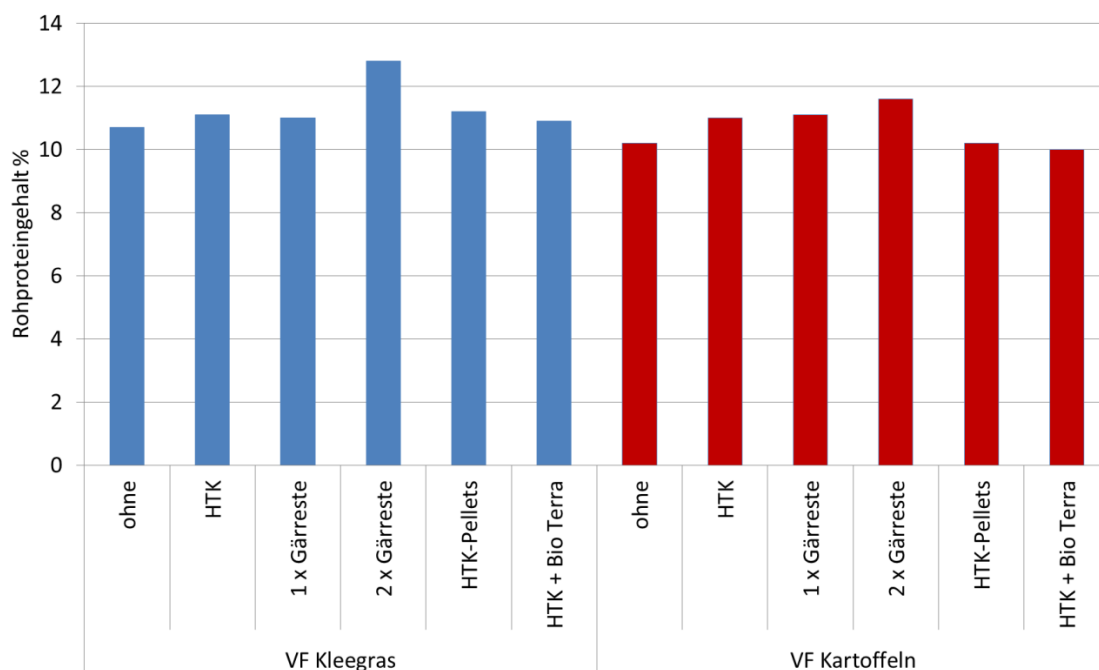


Abbildung 12: Rohproteingehalt in Abhängigkeit von der Düngung zu Winterweizen nach verschiedenen Vorfrüchten (Mittel 2010-2012, Ökofeld Gülzow)

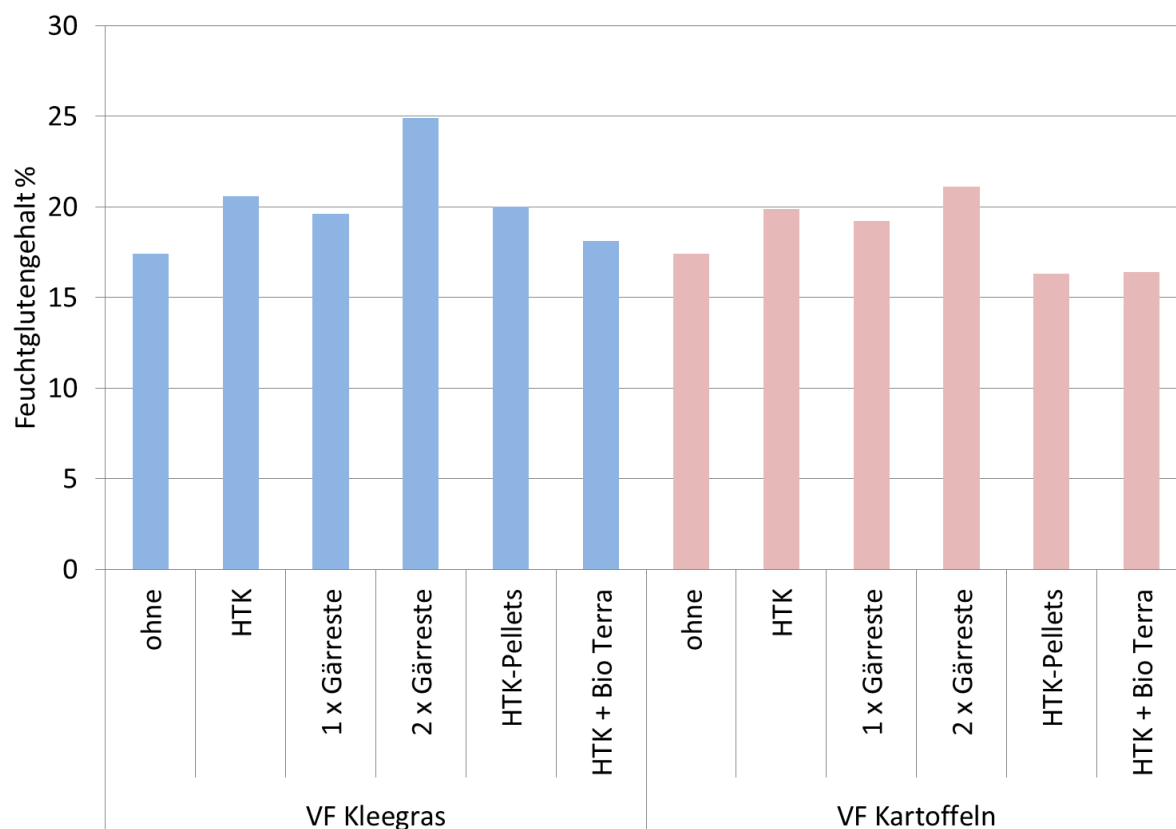


Abbildung 13: Feuchtklebergehalt in Abhängigkeit von der Düngung zu Winterweizen nach verschiedenen Vorfrüchten (Mittel 2010-2012, Ökofeld Gülzow)

3.4 Einfluss der Düngung auf den Unkrautdeckungsgrad (Versuch 2010-12)

Das Unkrautwachstum wird durch die Düngung gefördert, da es im Winterweizen bereits vorhanden im Frühjahr mitgedüngt wird. Besonders nach der Ausbringung von Hühnertrockenkot nahm die Verunkrautung deutlich zu. Gärreste wirkten diesbezüglich weniger Unkraut fördernd. Ursache kann die eher reihengebundene Applikation sein, wogegen Hühnertrockenkot breitflächig ausgebracht wurde. Unabhängig von der Art und Weise der Ausbringung hatte die Vorfrucht einen Einfluss (Tabelle 13, Tabelle 14). Nach Kartoffeln war der Unkrautdeckungsgrad im Mittel der drei Untersuchungsjahre etwas geringer.

Tabelle 13: Unkrautdeckungsgrad (%) nach dem Schossen von Weizen nach Vorfrucht Klee gras in Abhängigkeit von der Düngung (Ökofeld Gülzow)

Düngevariante	2010	2011	2012	2010-12
ohne	11	10	16	12
HTK	30	35	44	36
1 x Gärreste 30 m ³	35	30	39	35
2 x Gärreste 30 m ³ +20 m ³	30	28	26	28
HTK+Bioterra	-	30	8	-
HTK Pellets	-	30	8	-

Tabelle 14: Unkrautdeckungsgrad (%) nach dem Schossen von Winterweizen nach Vorfrucht Kartoffel in Abhängigkeit von der Düngung (Ökofeld Gülzow)

Düngevariante	2010	2011	2012	2010-12
ohne	16	7	6	10
HTK	53	18	18	29
1 x Gärreste 30 m ³	43	15	10	23
2 x Gärreste 30 m ³ + 20 m ³	43	16	6	22
HTK+Bioterra	-	14	13	-
HTK Pellets	-	11	14	-

3.5 Einfluss der Düngung zu Winterweizen auf Ertrag und Rohproteingehalt der Folgekultur (Folgeversuch 2012-13)

2012 und 2013 wurde die Nachwirkung der Düngung im Folgejahr überprüft. Nachfrucht zum Versuch 2011 war Winterweizen, zum Versuch 2012 Wintertriticale. In beiden Jahren konnte ein gesicherter Einfluss der Düngung mit 30 m³ Gärresten und mit Hühnertrockenkot auf den Ertrag der Folgekultur nachgewiesen werden (Tabelle 15). Nur 2012 war auch die Variante einer zweimaligen Gärrestgabe im Vergleich zur Kontrolle signifikant überlegen. In den Düngevarianten mit Hühnertrockenkot im Gemisch mit Bioterra oder als Pellets zeigten sich ähnliche bzw. geringere Erträge als in der Variante ohne Düngung. Die unterschiedliche Reaktion der Nachfrüchte in Bezug auf den Rohproteingehalt lässt keinen sachlich begründeten Schluss zu.

Tabelle 15: Nachwirkungen der Gärrestdüngung auf die Folgekulturen (Ökofeld Gülzow)

Düngung zur Vorfrucht	Winterweizen 2012		Wintertriticale 2013	
	Ertrag (dt/ha)	RP (%)	Ertrag (dt/ha)	RP (%)
ohne	38,0	8,8	48,6	8,6
HTK	42,6	8,8	55,4	9,6
1 x Gärreste 30 m ³	55,3	9,6	52,5	10,1
2 x Gärreste 30 m ³ + 20 m ³	44,6	11,3	50,4	9,9
HTK+Bioterra	32,0	9,4	47,1	8,8
HTK Pellets	34,0	9,0	49,5	8,4
GD = α 5 %	3,4		3,4	

3.6 Effizienz der Düngung zu Winterweizen (Versuch 2010-12)

Um die Effizienz der Düngung zu überprüfen, wurde die Stickstoffzufuhr (Düngung) der Stickstoffabfuhr (Ertrag u. Rohprotein) gegenüber gestellt (

Tabelle 16). Für die Berechnung wurde der Gesamt-N-Gehalt der Dünger herangezogen. Trotz steigender Entzüge kann nur ein geringer Teil der N-Menge während der Vegetation genutzt werden. Am besten schneidet die einmalige Gärrestdüngung ab, da der Dünger zu Vegetationsbeginn appliziert besonders gut aufgenommen wird und in Biomassewachstum umgesetzt werden kann. Bei der Höhe der N-Zufuhr ist zu beachten, dass die Variante mit zwei Gärrestgaben die zulässige Höchstmenge nach der Düngeverordnung übersteigt.

Tabelle 16: Effizienz der eingesetzten Dünger zu Winterweizen nach Kartoffelvorfrucht im Jahr der Ausbringung (Mittel 2010-12)

Düngevariante	N-Zufuhr	N-Entzug	Mehrentzug	N-Effizienz
	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(%)
ohne	0	65	-	-
HTK	141	76	11	8
1 x Gärreste 30 m ³	189	83	18	10
2 x Gärreste 30 m ³ +20 m ³	283	89	24	9
HTK + Bioterra	145	78	5	4
HTK Pellets	64	77	4	6

3.7 Einfluss der Düngung mit Hühnerkotpellets auf Ertrag und Qualität von Sommerweizen (Versuch 2011-2013)

Der Einfluss der organischen Düngung mit Hühnerkotpellets zu Sommerweizen war nicht gesichert (Abbildung 14). Die aufgezeigten Unterschiede können nur als Tendenz bewertet werden. Danach verspricht die Einarbeitung der Pellets einen Ertragsvorteil gegenüber der oberflächlich ausgebrachten und eingestriegelten Variante.

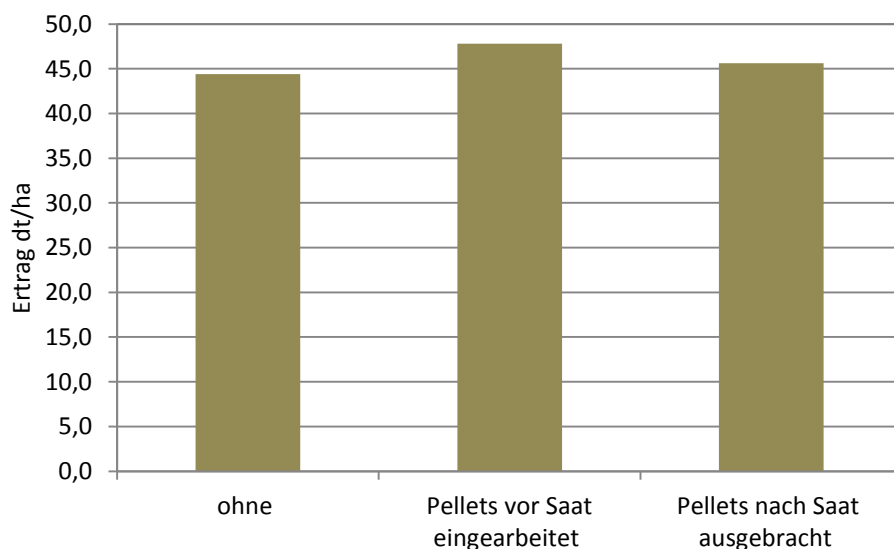


Abbildung 14: Kornerntrag von Sommerweizen in Abhängigkeit von der Düngung mit HTK-Pellets (Mittel 2011-13, Ökofeld Gülzow)

Auf die Kornqualität von Sommerweizen hatte die Düngung mit Hühnerkotpellets keinen nennenswerten Einfluss (Abbildung 15). Bei beiden Parametern (Rohprotein, Feuchtkleber) waren die Gehalte im Jahr 2013 besonders niedrig, was auf den hohen Ertrag von über 50 dt/ha und dem damit verbundenen Verdünnungseffekt zurückgeführt werden kann. Demgegenüber steht das Jahr 2011 mit besonders hohen Rohproteingehalten. Dennoch ergibt sich im Mittel der drei Jahre für Sommerweizen ein eher niedriges Qualitätsniveau, was streng genommen nur eine Vermarktung als Futterweizen ermöglicht (< 11,5 RP).

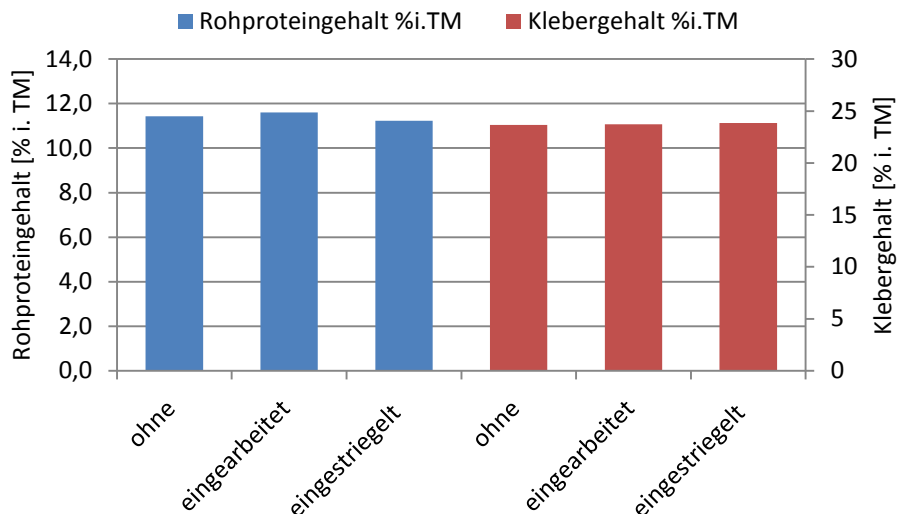


Abbildung 15: Rohprotein- und Klebergehalt in Abhängigkeit von der Düngung mit HTK-Pellets zu Sommerweizen (Mittel 2011-13, Ökofeld Gülzow)

3.8 Einfluss der Düngung mit Gärresten auf den Ertrag von Winterweizen und Sommergetreide (Versuche 2013-15)

Der Faktor Düngung hatte über alle Getreidearten und Jahre einen signifikanten Einfluss auf den Kornertrag (f-Test α 5 %). Der paarweise Vergleich (t-Test α 5 %) ergab beim Winterweizen signifikante Unterschiede zwischen der Kontrolle und den Düngergaben in Höhe von 20 und 35 m³, letztere in zwei Gaben. Ebenfalls konnte ein gesicherter Effekt mit einer zweiten Düngergabe im Vergleich zu einer einmaligen Gabe erreicht werden. Nur die Spätgabe von 15 m³ hatte im Vergleich zur Kontrolle keinen signifikanten Ertrags Einfluss. Damit waren die Effekte der Düngung deutlicher als im vorhergehenden Versuchszyklus, was auch durch das insgesamt geringere Ertragsniveau hervorgerufen sein könnte. Im Sommerweizen erreichte nur die Variante mit 35 m³ in zwei Gaben einen signifikanten Mehrertrag im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle und zur Spätgabe von 15 m³. Zwischen den Varianten mit 20 und 35 m³ konnte kein Unterschied nachgewiesen werden. Bei Sommergerste und Hafer führte die Düngung im Mittel der Jahre zu gesicherten Mehrerträgen gegenüber der ungedüngten Kontrolle (Abbildung 16). Während die Unterschiede beim Winterweizen zwischen 14 bis 18 dt/ha lagen, wurden im Sommergetreide durch Düngung maximal 4-5 dt/ha beim Sommerweizen und 7 dt/ha bei Hafer und Sommergerste erreicht.

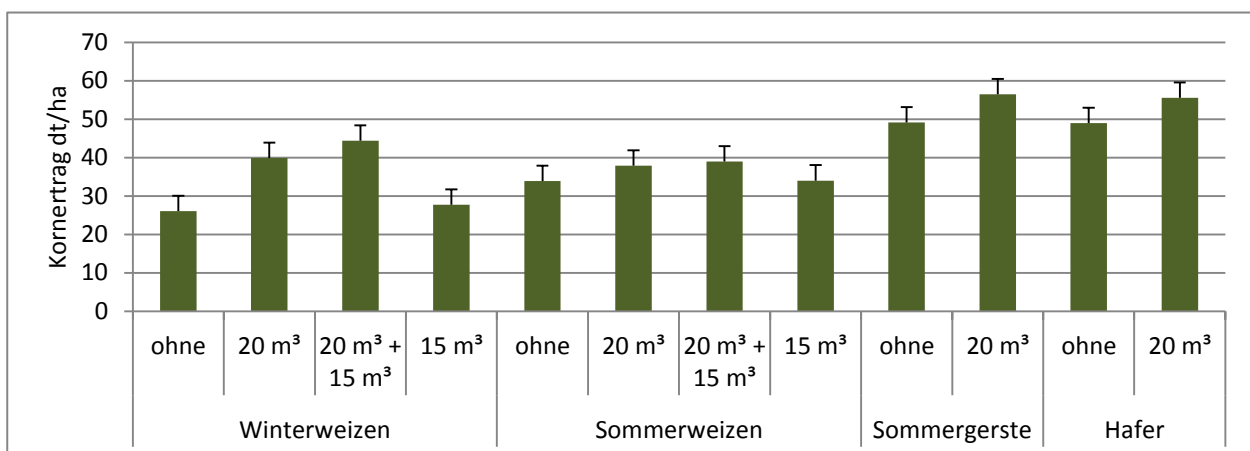


Abbildung 16: Kornertrag von Getreide in Abhängigkeit von der Gärrestdüngung (Signifikanzen innerhalb einer Kultur, 2013-15, Ökofeld Gülzow)

3.9 Einfluss der Düngung mit Gärresten auf die Qualität von Winterweizen und Sommergetreide (Versuche 2013-15)

Wie bereits in der ersten Versuchsserie 2010-12 hatten auch die geringeren Gaben in der zweiten Serie sowohl bei Winterweizen als auch bei den Sommergetreidearten einen deutlichen Einfluss auf die Rohprotein- und bei Weizen auch auf die Klebergehalte. Bei Winterweizen wird dennoch durch eine 20 m³-Gabe nur Futterqualität erreicht, da der Rohproteinwert weiter unter 11,5 % lag. Erst durch eine weitere Gabe (15 m³) kann Backqualität (Weizen II Qualität entspricht >11,5 % RP, 22-26 % Kleber, Weizen I Qualität > 26 % Kleber) erzielt werden (Abbildung 17, Abbildung 19). Bei Sommerweizen wird bereits ohne Düngung ein deutlich höherer Rohprotein- und Klebergehalt erzielt (Abbildung 18, Abbildung 19), sodass mit einer 20 m³-Gabe bereits die Weizen I Qualität (Klebergehalt > 26 %) bedient werden kann. Eine zweite Gabe führt noch einmal zu einer Erhöhung beider Qualitätsparameter. Auch bei Sommergerste und Hafer konnte der Rohproteingehalt durch 20 m³ Gärreste verbessert werden, was einer Futterernutzung dienlich sein kann.

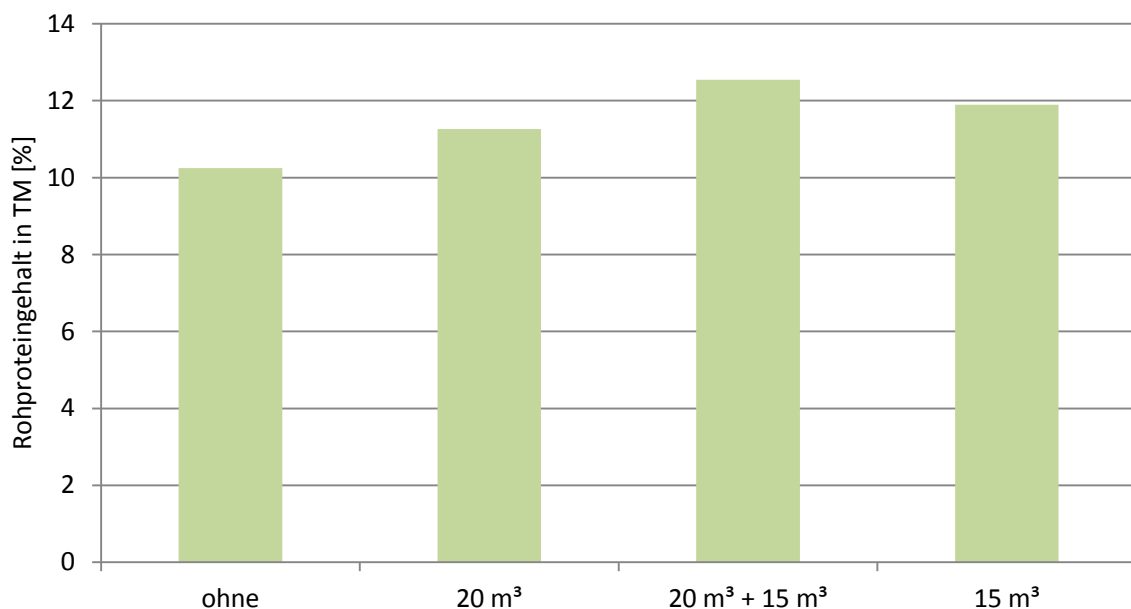


Abbildung 17: Rohproteingehalt in Abhängigkeit von der Gärrestdüngung zu Winterweizen (2013-15, Ökofeld Gülzow)

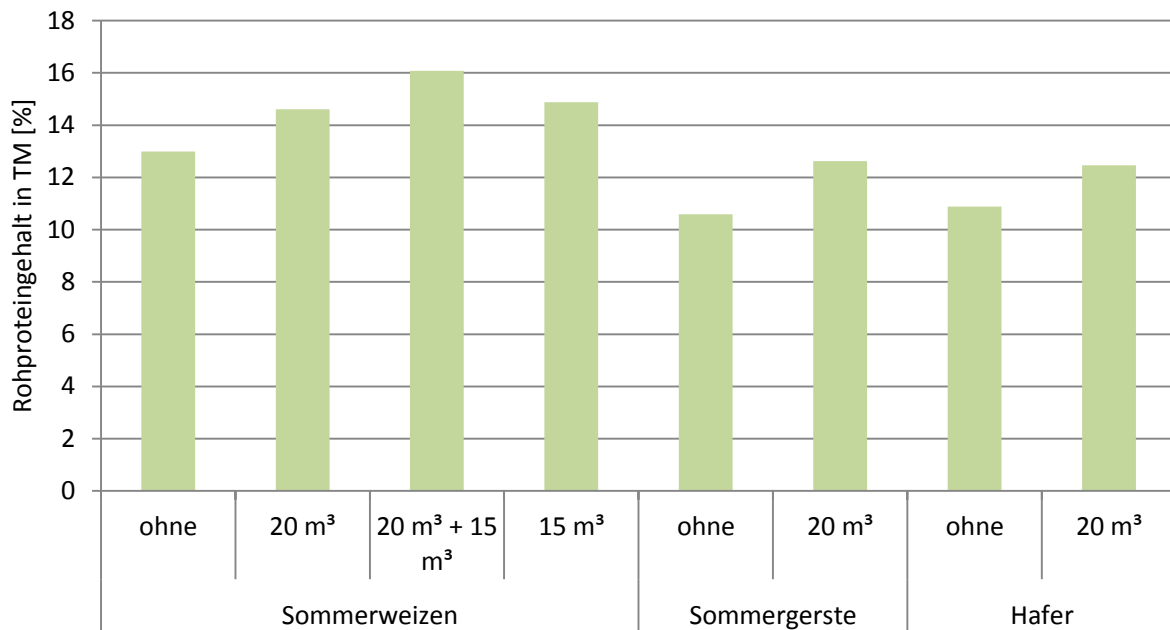


Abbildung 18: Rohproteingehalt in Abhängigkeit von der Düngung zu Sommergetreide (2013-15, Ökofeld Gülzow)

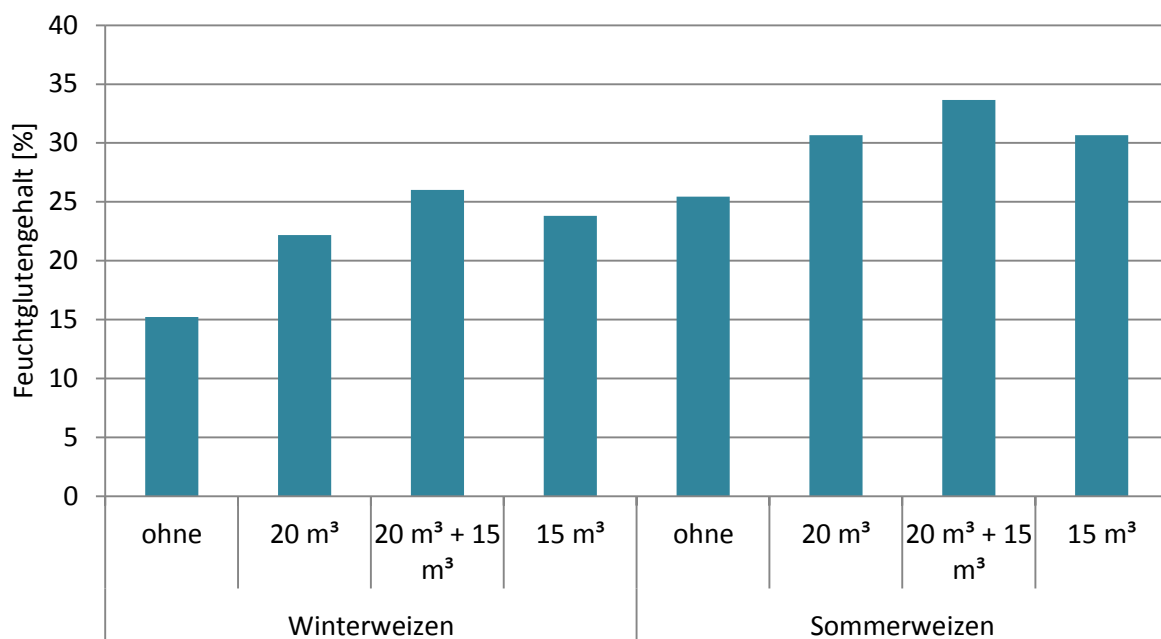


Abbildung 19: Klebergehalt in Abhängigkeit von der Düngung zu Winter- und Sommerweizen (2013-15, Ökofeld Gülzow)

3.10 Einfluss der Düngung mit Gärresten auf den Unkrautdeckungsgrad in Winterweizen und Sommergetreide (Versuche 2013-15)

Auch in den Versuchen mit Einsatz von Schlitztechnik stieg der Unkrautdeckungsgrad im Winterweizen im Vergleich zur Variante ohne Düngung meist an. Jedoch waren die Unterschiede nicht so deutlich wie bei der Applikation mit Schleppschlauch. Im Mittel der Jahre konnte im Winterweizen ein signifikanter Unterschied im Unkrautdeckungsgrad zwischen den gedüngten Varianten und der ungedüngten Kontrolle nachgewiesen werden. Zwischen den Düngungsvarianten traten keine signifikanten Unterschiede auf (Abbildung 20, Tabelle 17). Auch nach der Spätgabe von 15 m³ zum Ährenschieben war der Unkrautdeckungsgrad ähnlich hoch wie in den

Varianten mit höheren Gärrestmengen. Für die Verrechnung wurden die Ergebnisse logarithmiert und anschließend zurücktransformiert.

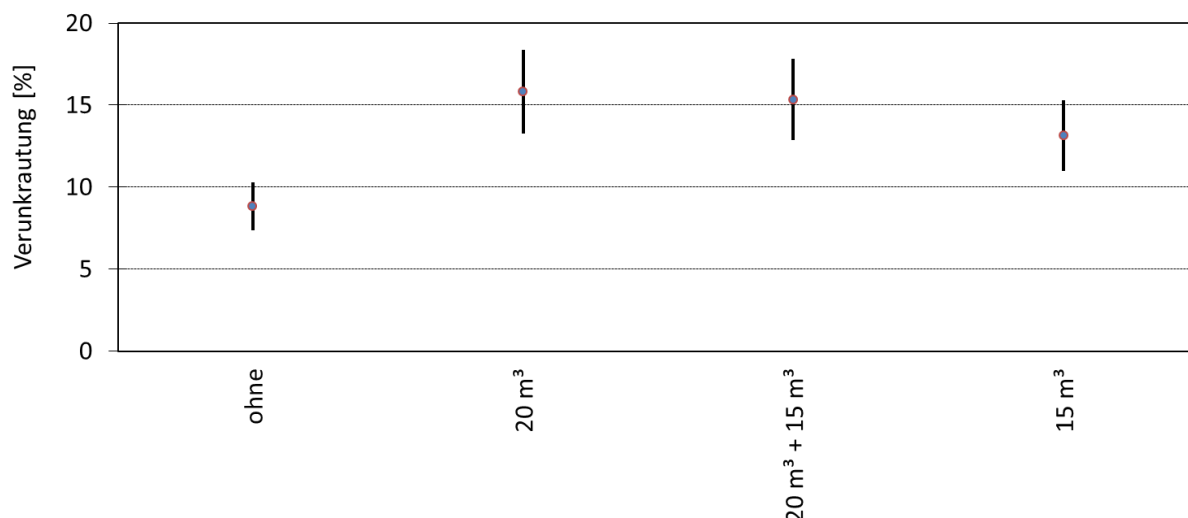


Abbildung 20: Unkrautdeckungsgrad in % im Winterweizen (Mittelwert und Standardabweichung, Versuch 2013-15, Ökofeld Gülzow)

Im Sommergetreide wurden dagegen kaum Unkräuter festgestellt und Effekte durch Düngung blieben aus (Tabelle 17). Im Vergleich zum Wintergetreide war das Sommergetreide auch in anderen Versuchen und Jahren am Standort stets einer geringen Konkurrenz durch Unkräuter ausgesetzt. Sowohl Winter- als auch Sommergetreide stehen nach Klee gras, wobei für Sommergetreide das Ackerfutter erst im Frühjahr umgebrochen wird.

Tabelle 17: Unkrautdeckungsgrad (%) im Winterweizen und Sommergetreide nach dem Schossen in Abhängigkeit von der Düngung

Getreideart	Gärrestvariante	2013	2014	2015	2013-15
Winterweizen	ohne	6	8	14	9
	20 m ³	13	14	21	16
	20 m ³ + 15 m ³	11	20	16	16
	15 m ³	7	12	24	15
Sommerweizen	ohne	1	1	2	1
	20 m ³	3	1	2	2
	20 m ³ + 15 m ³	2	1	1	1
	15 m ³	2	1	2	1
Sommergerste	ohne	1	1	1	1
	20 m ³	1	1	1	1
Hafer	ohne	1	1	1	1
	20 m ³	2	1	1	1

3.11 Einfluss der Düngung zu Winterweizen auf Ertrag und Rohproteingehalt der Folgekultur (Folgeversuch 2014-16, Ökofeld Gülzow)

Nach den Versuchen wurde als Folgekultur Wintergetreide (Winterroggen) angebaut und der Ertrag sowie der Rohproteingehalt bestimmt. 2014 konnte der als Nachfrucht angebaute Winterweizen wegen schlechter Bestandsbildung nicht geerntet werden. Im Mittel der Jahre war kein signifikanter Einfluss der Düngung auf den Ertrag der Nachfrucht (f-Test α 5 %) nachweisbar. Der paarweise Vergleich (t-Test α 5 %) ergab bei einer Grenzdifferenz innerhalb einer Art von 3,6 keine Signifikanz. Tendenziell führte im Sommerweizen die zweimalige Gärrestgabe zu Mehrerträgen in der nachfolgenden Kultur. Nur im Winterweizen konnte durch zweimalige Gär-

restgabe auch in der Nachkultur noch der Rohproteingehalt erhöht werden. In der übrigen Varianten und Kulturen waren keine Effekte nachweisbar (Tabelle 18).

Tabelle 18: Einfluss der Düngung auf Ertrag und Rohproteingehalt der Folgekultur Winterroggen (2014-16)

Getreideart	Gärrestvariante	Ertrag [dt/ha]	Rohproteingehalt [% in TS]
Winterweizen	ohne	56,6	5,8
	20 m ³	55,7	5,9
	20 m ³ + 15 m ³	55,7	6,3
	15 m ³	55,7	5,8
Sommerweizen	ohne	47,5	6,5
	20 m ³	47,7	6,2
	20 m ³ + 15 m ³	50,7	6,9
	15 m ³	48,4	6,6
Sommergerste	ohne	47,3	6,4
	20 m ³	47,9	6,5
Hafer	ohne	46,4	6,6
	20 m ³	47,9	6,6
GD t-Test α 5 %	gesamt	10,4	
GD t-Test α 5 %	artspezifisch	3,6	

3.12 Effizienz der Düngung mit Gärresten zu Winterweizen und Sommergetreide (Versuch 2013-15)

Um die Effizienz zu erhöhen, wurde im zweiten Versuchszyklus auf Ausbringung durch Einschlitzten umgestellt sowie geringere Düngermengen ausgebracht. Im Ergebnis der Berechnungen ergab sich zwar eine bessere Verwertung der N-Mengen als im ersten Versuchszyklus, insgesamt liegt aber auch nach Umstellung die N-Effizienz (Verhältnis Mehrentzug zu N-Zufuhr) bei Berücksichtigung der gesamten applizierten Stickstoffmenge unter 30 % (Tabelle 19). Auch bei ausschließlicher Berücksichtigung des Ammoniumgehaltes von etwa 60 %, liegt die effektiv verwertete N-Menge unter 50 %. Auffällig ist die schlechtere Verwertung der einmaligen späten Gabe von 15 m³ im Winterweizen im Vergleich zum Sommerweizen. Gleichzeitig wurde die erste Gabe von 20 m³ vom Winterweizen besser verwertet. Hafer und Sommergerste nutzen den Stickstoff der frühen Gabe besser als Sommerweizen und ähnlich gut wie Winterweizen (Tabelle 19).

Tabelle 19: Effizienz der eingesetzten Gärreste im Winterweizen und Sommergetreide (2013-15, Ökofeld Gülzow)

Getreideart	Gärrestvarianten	N-Zufuhr	N-Entzug	Mehrentzug	N-Effizienz
		kg/ha	kg/ha	kg/ha	%
Winterweizen	ohne	0	41	-	
	20 m ³	113	70	29	26
	20 m ³ +15 m ³	188	87	46	25
	15 m ³	76	52	11	15
Sommerweizen	ohne	0	87	-	
	20 m ³	115	106	19	17
	20 m ³ +15 m ³	189	125	37	20
	15 m ³	74	105	18	26
Sommergerste	ohne	0	93	-	
	20 m ³	115	124	32	28
Hafer	ohne	0	97	-	
	20 m ³	115	123	26	22

3.13 Stickstoffhinterlassenschaften im Boden nach Düngung

Die während der Vegetation geringe Ausnutzung des angebotenen Stickstoffs lässt vermuten, dass im Herbst noch erhebliche Mengen im Boden verblieben sind. Untersuchungsergebnisse zum $N_{\min}$ -Gehalt zeigen aber, dass zum Ende der Vegetationszeit die gedüngten Varianten keine deutlich höheren Werte aufweisen als die ungedüngte Kontrolle, sodass eine überdurchschnittliche Auswaschungsgefährdung durch Gärrestdüngung, wie sie hier angewendet wurde, ausgeschlossen werden kann. Deutlich wird dennoch, dass mehr Düngung auch häufig höhere $N_{\min}$ -Werte im Herbst nach sich zieht (Tabelle 20, Tabelle 21, Tabelle 22). Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten auch Peters u. Gurgel (2011) in Versuchen mit Mais am gleichen Standort.

Tabelle 20: Boden $N_{\min}$ -Gehalte (kg/ha) nach Düngung von Winterweizen, (Vorfrucht Kartoffel 2010-2012 Ökofeld Gülzow)

Düngevariante	Herbst 2010-12		Frühjahr 2011-13	
	0-30	30-60	0-30	30-60
ohne	20	24	17	15
HTK	21	24	21	17
1 x BGG 30 m ³	21	26	20	14
2 x BGG 30 m ³ + 20 m ³	19	24	20	17
HTK + Bioterra*	27	26	18	18
HTK Pellets*	26	35	20	17

*nur zweijährige Werte

Tabelle 21: Boden $N_{\min}$ -Gehalte (kg/ha) nach Düngung von Winterweizen (Vorfrucht Klee gras 2013-2016, Ökofeld Gülzow)

Düngevariante	Herbst 2013-15		Frühjahr 2014-16	
	0-30	30-60	0-30	30-60
ohne	16	35	14	4
BGG 20 m ³	22	36	7	4
BGG 20 m ³ + 15 m ³	18	42	9	5
BGG 15 m ³	23	43	9	4

Tabelle 22: Boden $N_{\min}$ -Gehalte (kg/ha) nach Düngung von Sommergetreide (Vorfrucht Klee gras 2013-2016, Ökofeld Gülzow)

Getreideart	Gärrestvariante	Herbst 2013-15		Frühjahr 2014-16	
		0-30	30-60	0-30	30-60
Sommerweizen	ohne	19	41	7	3
	20 m ³	22	49	7	4
	20 m ³ +15 m ³	27	63	8	3
	15 m ³	26	41	7	6
Sommergerste	ohne	37	25	7	3
	20 m ³	25	49	7	3
Hafer	ohne	26	37	7	2
	20 m ³	29	36	8	2

Darüber hinaus konnten unter Sommergetreide etwas höhere N-Mengen gemessen werden als unter Winterweizen. Bei allen Herbstmessungen lagen die Werte in der Bodenschicht 30-60 cm über denen der Bodenschicht 0-30 cm. Zwischen den Jahren traten keine nennenswerten Unterschiede auf. Im Frühjahr waren die $N_{\min}$ -Gehalte im ersten Versuchszyklus 2011-13 deutlich

höher als im zweiten 2014-16 und die Werte in der oberen Bodenschicht meist höher als in der unteren.

4 Diskussion

4.1 Methodisches Herangehen

Die Platzierung der **Versuche in der Fruchtfolge** orientierte sich an den Möglichkeiten, die das Versuchsfeld am Standort bietet, an der Praxisrelevanz und am Ziel, die meist unzureichende Backqualität durch Düngung zu verbessern. Weizen wird in vielen Betrieben bevorzugt nach Klee gras angebaut, dennoch ist die Backqualität häufig unbefriedigend (Castell 2015). Somit lag es nahe den Versuch mit Düngung gezielt nach der Vorfrucht Klee gras anzulegen, um zu untersuchen, ob durch zusätzliche Düngung der Rohproteingehalt bei Weizen so angehoben werden kann, dass sicher Backqualität erreicht wird. Der Vergleich im ersten Versuchszyklus mit der Vorfrucht Kartoffel sollte das N-Nachlieferungsvermögen von Klee gras einmal mehr unter Beweis stellen. Im zweiten Zyklus wurde auch Sommergetreide mit in die Untersuchungen einbezogen, um die N-Verwertung mit der des Winterweizens zu vergleichen. Für den Sommerweizen standen die gleichen Fragen im Raum wie für Winterweizen, obwohl bekannt ist, dass die Backqualitäten in der Regel besser sind als beim Winterweizen (Gruber et al. 2016). Mit der Ausweitung der Versuche auf Hafer und Sommergerste wurde dem Wunsch von Landwirten entsprochen, die auf Grund unzureichender Bodengüte keinen Weizen anbauen können. Die Varianten der Düngung wurden der Getreideart angepasst. Letztere stehen in der Praxis allerdings häufig nicht nach Klee gras, dass dies im Versuch nicht berücksichtigt wurde, hatte arbeitswirtschaftliche Gründe.

Die Ausbringung erfolgte mit vorhandener **Versuchstechnik**, die die Gärreste im ersten Versuchszyklus oberflächlich (10-15 cm vom Boden entfernt) zwischen die Reihen platzierte. Anschließend wurde der Striegel eingesetzt. Im Winterweizen war der Striegeleffekt sehr unterschiedlich, da der Boden teilweise verkrustet und verschlemmt aus dem Winter kam. Im zweiten Versuchszyklus wurde die hydraulische Höhenbegrenzung ausgesetzt und mit Hilfe der Scheibenschare die Gärreste in etwa 5 cm tiefe Rillen abgelegt. Dadurch war es möglich, die Gärreste in den Boden einzubringen, um so gasförmige Verluste zu reduzieren (Lichti et al. 2012). Dazu lagen aus konventionellen Versuchen an der LFA bereits Ergebnisse vor (Wegner et al. 2015). Gleichzeitig führte der Einsatz dieser Technik auch dazu, dass mitunter Pflanzen im Wurzelraum beschädigt wurden. Ein Ausfall ganzer Reihen oder Reihenabschnitte wurde aber nicht beobachtet. Zu Sommergetreide waren die Verteilerschläuche so vor Grubberschare platziert, dass die Gärreste etwa 10-15 cm tief in den Boden gelangten und eingearbeitet wurden. Im Anschluss wurde das Sommergetreide gedrillt. Um Auflaufschäden zu vermeiden, sollten die Gärreste mehrere Tage vor der Aussaat ausgebracht werden. Wie wichtig eine zeitnahe Einarbeitung der Gärreste ist, konnte auch in Versuchen auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben nachgewiesen werden (Möller et al 2006). Insgesamt wird der Ausbringungstechnik eine hohe Bedeutung bei der Steigerung der N-Effizienz aus Gärresten beigemessen (Lichti et al. 2012). Neben der Verbesserung der Ausbringungstechnik wurden die **Ausbringungsmengen** von Gärresten reduziert. Während im ersten Versuchszyklus eine im Ökolandbau häufig verbreitete Applikationsmenge von Gülle aus Tierhaltung angenommen wurde, traten im zweiten Versuchszyklus die Aspekte einer effektiven Verwertung stärker in den Vordergrund. Kleinere Mengen können von der Pflanze in kurzer Zeit besser aufgenommen oder im Boden durch Mikroorganismen umgesetzt werden. Kleinere und häufigere Gaben erhöhen die Stickstoffwirkung der Gülle (o. V. 2017). Im ersten Versuchszyklus überstieg die Höhe der N-Zufuhr durch Gärreste die nach Düngeverordnung zulässige Höchstmenge. Nach der Stickstoffbedarfsermittlung könnten maximal 260 kg N/ha nach der Vorfrucht Kartoffel ausgebracht werden, nach Klee gras nur 220 kg N/ha. Dabei wird von einer 50 % igen Anrechnung (MDÄ) der N-Mengen aus den Gärresten ausgegangen.

Die Mengen an Hühnertrockenkot und Pellets im ersten Versuchszyklus entsprachen den Ausbringungsmengen der Zulieferbetriebe. Diese Biobetriebe hatten bereits Erfahrungen, wollten diese aber durch Exaktversuche bestätigt wissen. Dadurch sind die ausgebrachten Stickstoff-

mengen der verschiedenen Dünger im Versuch sehr unterschiedlich und die Effizienzbetrachtungen immer in Zusammenhang mit den N-Mengen zu sehen.

In Versuchen mit Gärresten und Hühnertrockenkot am Standort Osnabrück wurden einheitliche Stickstoffmengen ausgebracht, sodass die Applikationsmengen je nach N-Gehalt variierten (Seidel 2014).

Durch eine Vielzahl von Legehennenbetrieben in Mecklenburg-Vorpommern ist der Umgang mit den Exkrementen sehr betriebsindividuell. Die Herstellung von Pellets hat sich bereits als sehr kostspielig erwiesen und wird nicht mehr favorisiert (Littmann 2014). Verbreiteter ist die Vergärung in Biogasanlagen und die Applikation der Gärreste. Daher wurden im zweiten Versuchszyklus ausschließlich Gärrestvarianten geprüft.

4.2 Einfluss der Düngung auf Ertrag und Qualität

Im ersten Versuchszyklus konnten die von anderen Autoren beschriebenen Ertragseffekte nicht erreicht werden (Seidel 2014, Möller et al 2008). Trotz sehr hoher N-Mengen, die zum Beispiel mit Gärresten ausgebracht wurden, blieben gewaltige Ertragssprünge aus. Während in eigenen Versuchen (ohne Düngung 34 dt/ha) mit Gärresten im Frühjahr Ertragssteigerungen von nur 18 % erreicht wurden, ergaben z. B. Versuche am Standort Osnabrück mit deutlich weniger Gärresten eine Ertragserhöhung von knapp 50 % (Seidel 2014). Auch Kanthak (2012) erzielte in einem Versuch (Uckermark in Brandenburg) im Sommerweizen mit 20 m³ Gärresten zu Vegetationsbeginn 18 % Mehrertrag im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle.

Auch mit Hühnertrockenkot konnte um die 30 % mehr Ertrag erzielt werden, wogegen eigene Versuche sowohl beim Einsatz von Hühnertrockenkot als auch von Pellets keine signifikanten Ertragsunterschiede ergaben. In beiden Versuchsserien wirkten jedoch die Gärreste besser als der Hühnertrockenkot. Am Standort Gülzow ist zu vermuten, dass ein Teil des Stickstoffes im Hühnertrockenkot nach der Ausbringung vergast und das Einstriegeln nicht ausreicht, um die Stickstoffmengen den Pflanzen schnell zur Verfügung zu stellen. Unterstützt wird dieser Prozess durch die häufig sehr trockenen Bedingungen, die das oberflächliche Einwaschen der Nährstoffe verhindern. Im zweiten Versuchszyklus wurden bei einem ähnlichen Standardertrag (26 dt/ha) wie am Standort Osnabrück mit 113 kg Stickstoff (Osnabrück 90 kg) ähnliche Ertragseffekte erreicht.

Bei den Pellets (im ersten Versuchszyklus) starten die Freisetzungsprozesse auf Grund der hohen Trockensubstanz vermutlich nur zögerlich, sodass ebenfalls wenig Stickstoff bedarfsgerecht für das Pflanzenwachstum zur Verfügung steht. Darüber hinaus kann von einer unterschiedlichen Temperaturabhängigkeit bei der N-Freisetzung ausgegangen werden. In Inkubationsversuchen mit unterschiedlichen organischen Handelsdüngern stellten Katroschan & Mautsolf (2014) besonders bei Bodentemperaturen von 5 und 13 °C, wie sie im Frühjahr oft vorherrschen, eine verzögerte N-Mineralisierung tierischer Handelsdünger fest.

Die Ergebnisse zu den Gärresten zeigen die bereits aus konventionellen Versuchen mit Mineraldünger bekannten Effekte: Stickstoffgaben zu Vegetationsbeginn steigern den Ertrag, später zum Ährenschieben eher den Rohproteingehalt (Lehmann 2011). In allen Jahren und Kulturen waren diese Effekte in den vorgestellten Versuchen nachweisbar, wenn auch nicht immer zu sichern. Dabei muss berücksichtigt werden, dass sich in der Praxis durch jährliche Ausbringung auf der gleichen Fläche das Stickstoffangebot verbessert, was dazu führen kann, dass sich die ertrags- und qualitätsfördernden Effekte verstärken. Im ersten Versuchszyklus lieferte die Vorfrucht Kartoffel die höheren Erträge, was wahrscheinlich mit einer besseren Stickstoffverfügbarkeit erklärt werden kann. Für die Umsetzung des Kleeegrases nach dem Umbruch wird dem System Stickstoff entzogen, der für das Pflanzenwachstum dann nicht zu Verfügung steht.

Das Ziel die Backqualität zu verbessern ist zwar erreicht worden, jedoch nicht in dem Maße, dass auch eine bessere Vermarktung möglich ist. Der Winterweizen erreichte bei Erträgen um 40 dt/ha wegen des geringen Rohproteingehaltes meist nur Futterqualität. Nur durch zweimalige Ausbringung von Gärresten können die Parameter für eine Weizen II Qualität erreicht werden, wodurch ein besserer Preis möglich ist als für Futtergetreide (o. V. 2017a). Kleberwerte über 26 % waren, wenn überhaupt, nur mit zweimaligen Gärrestgaben möglich. Die höheren Gaben im ersten Versuchszyklus ändern nichts an dieser Aussage. Teilweise wurden noch

schlechtere Gehalte erreicht als durch geringere Applikationsmengen, was auch für die geringere Effizienz spricht. Auch am Standort Osnabrück führten Gärrestgaben im Frühjahr nicht zu einer derartigen Erhöhung der Klebergehalte, dass eine bessere Vermarktung möglich gewesen wäre (Seidel 2014).

Die auch in anderen Versuchen nachgewiesenen höheren Backqualitäten von Sommerweizen im Vergleich zu Winterweizen (Gruber, Wegner 2015, Gruber et al. 2016) lassen sich durch Gärrestdüngung weiter verbessern.

4.3 Effekte der Düngung auf den Unkrautdeckungsgrad

Da im Winterweizen die Düngung erst nach dem Auflaufen der Unkräuter im Frühjahr erfolgt, werden sie praktisch mitgedüngt, sodass hier höhere Deckungsgrade festgestellt wurden. In den beiden Versuchszyklen war der Unkrautdruck zwar unterschiedlich, die Effekte aber ähnlich. Auch die Art des Düngers spielte keine Rolle. Daher muss besonders im Wintergetreide bereits vor Winter für möglichst unkrautfreie Bestände gesorgt werden, was jedoch ein sehr anspruchsvolles Ziel ist. Im Sommergetreide spielen nicht nur in diesen Versuchen Unkräuter kaum eine Rolle, sodass auch durch Düngung keine nennenswerten Effekte hervorgerufen wurden. Diese Tatsache spricht für eine bevorzugte Ausbringung von Gärresten oder ähnlichen Düngern im Sommergetreide.

4.4 Nachwirkung auf die Folgefrucht und Effizienz der Düngung

In den Gärresten wurden im Mittel knapp 58 % $\text{NH}_4\text{-N}$ festgestellt. Es ist davon auszugehen, dass die Umsetzung und Nutzung in der Vegetation nur teilweise erfolgt und auch die Nachfrüchte noch von einer derartigen Düngung profitieren. Diesbezügliche Untersuchungsergebnisse zeigen jedoch keine bzw. uneinheitliche Effekte. Weder Kornertrag noch der Rohproteingehalt wurden im Folgejahr begünstigt. Ähnliche Effekte zeigten sich bei einmaliger Ausbringung auch in konventionellen Versuchen am Standort Gülzow (Wegner et al. 2015)

Es bleibt also die Frage nach dem Verbleib des Stickstoffs offen. Sowohl geringe Effekte im Ausbringungsjahr als auch ausbleibende im Folgejahr führen zu einer geringen N-Effizienz der eingesetzten Dünger. Die Berechnungen spiegeln die Ertrags- und Qualitätseffekt der einzelnen Düngungsvarianten bei den einzelnen Getreidearten wider. Winterweizen ist im Frühjahr bereits gut etabliert und kann bei entsprechenden Witterungsbedingungen viel Stickstoff aus dem Dünger aufnehmen. Der Bedarf bei Sommergetreide ist bis zum Bestockungsbeginn eher gering und Sommergerste kann aufgrund seiner intensiven Bestockung noch am meisten aufnehmen. Sommerweizen hat eine nur geringe Biomassebildung und damit auch schlechtere N-Aufnahme. Starke Unterschiede in der N-Wirkung aus Biogasprodukten beschreiben Lichti et al. (2012 a). 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 $\text{NH}_4\text{-Stickstoffs}$. Grundlage waren konventionelle Versuche an verschiedenen bayerischen Standorten.

Ergebnissen am Standort Osnabrück zeigen, dass höhere Düngung auch höhere N_{min} -Werte im Herbst erzeugen. Diese deutlich höheren Werte im Herbst führten zu mehr Auswaschung und in der Folge zu geringeren Werten nach Vegetationsbeginn im Folgejahr (Seidel 2014). Die N-Hinterlassenschaften am Standort Gülzow waren mit Düngung nur geringfügig höher als ohne Düngung und erklären nicht den Verbleib der N-Mengen, die nicht in Ertrag und Qualität umgewandelt wurden. Wahrscheinlich sind mikrobielle Prozesse im Boden, die nur langsam den organisch gebundenen Stickstoff freisetzen.

4.5 Ökonomie

Eine betriebswirtschaftliche Bewertung muss innerbetrieblich erfolgen und kann hier nicht vorgenommen werden. Daher wurden nur die Ausbringungskosten (o. V. 2015) berücksichtigt und eine ökonomische Betrachtung angestellt.

In Verbindung mit einem Ertrag von 40 dt/ha bei Winterweizen durch eine 20 m^3 -Gabe und einem Aufpreis von 4,50 €/dt im Vergleich zu Futterweizen ergibt sich ein Mehrerlös von

180 €/ha, wodurch die Ausbringungskosten in Höhe von 25 €/ha mehr als abgedeckt werden. Mit einer zweimaligen Gabe ($20 + 15 \text{ m}^3$) können auch die Anforderungen für eine Weizen I Qualität erreicht und ein um ca. 3,50 €/dt höherer Preis als für Weizen II Qualität erzielt werden. In Verbindung mit einem Ertrag von 44 dt/ha werden auch hier die Ausbringungskosten von knapp 20 €/ha für die zweite Gärrestgabe gedeckt.

Blumenstein et al. (2015) bewerteten die innerbetrieblichen monetären Effekte auf Basis eines Modells verschiedener ökologischer viehhaltender und viehloser Betriebssysteme. Ein wirtschaftlicher Vergleich ohne/mit Biogas zeigt, dass über alle Betriebstypen hinweg Steigerungen des kalkulatorischen Betriebszweigergebnisses des Ackerbaus durch die Integration von Biogas zu erwarten sind.

5 Schlussfolgerungen

- Sowohl Gärreste als auch Hühnertrockenkot sollten bevorzugt im Frühjahr ausgebracht werden, um so Nährstoffauswaschungen über Winter zu vermeiden. Bei Herbstapplikationen (wurden nicht geprüft) sind die Regelungen der Düngeverordnung zu beachten.
- Der Termin der Ausbringung im Frühjahr richtet sich nach den pflanzenbaulichen Zielen und sollte Bodenfeuchtigkeit und –temperatur berücksichtigen sowie den Bodenzustand nicht unbeachtet lassen. Frühe Gaben fördern den Ertrag, späte eher die Qualität.
- Die Düngung mit Biogasgärreste kann den Ertrag bei Getreide erhöhen, sodass zusätzliche Kosten für die Ausbringung gedeckt werden können.
- Eine Verbesserung der Qualität (Rohprotein- und Klebergehalt) ermöglicht bei Winterweizen eine Vermarktung als Backgetreide. Dabei sollte eine zweite Gabe zum Ährenschieben eingeplant werden, um den Klebergehalt über 26 % zu steigern.
- Bei Sommerweizen werden sowohl durch eine Gabe zur Aussaat als auch durch eine Gabe zum Ährenschieben höchste Kleberwerte erreicht und eine bessere Vermarktung ermöglicht. Eine Kombination beider Maßnahmen erhöht den Ertrag und die Qualität weiter.
- Bei Hafer und Sommergerste kann eine Gärrestgabe zur Aussaat sowohl den Ertrag steigern als auch den Rohproteingehalt erhöhen.
- Bei Gärresten reichen Applikationsmengen zwischen 15 und 20 m³. Mehrere kleine Gaben verstärken die Ertrags- und Qualitätseffekte und verbessern die Effizienz des eingesetzten Stickstoffs. Voraussetzung für die Berechnung der Applikationsmengen ist die Stickstoffdüngedarfsermittlung.
- Der Einsatz von Hühnertrockenkot führt zu Ertrags- und Qualitätseffekten, die jedoch nicht gesichert und geringer sind als die Effekte bei Gärrestgaben.
- Wintergetreide sollte möglichst Unkrautfrei gehalten werden, um durch Düngung bereits aufgelaufene Unkräuter nicht zu fördern.
- Die Ausbringung von Gärresten und Hühnertrockenkot muss bodennah oder in den Boden erfolgen. Bei flächiger Applikation muss der Dünger eingearbeitet werden, um Nährstoffverluste zu minimieren. Gleichzeitig werden Umsetzungsprozesse aktiviert und pflanzenverfügbare Nährstoffe schneller bereitgestellt. Die Düngung zu Sommerungen sollte ein paar Tage vor der Aussaat erfolgen, um negative Auswirkungen auf den Aufgang der Saat zu verhindern.
- Der Einsatz des Striegels zur Einarbeitung von Gärresten oder Hühnertrockenkot sollte so erfolgen, dass Dünger und Boden gut miteinander vermischt werden. Dafür darf der Boden nicht verschlämmt und ausgetrocknet sein. Umsetzungsprozesse können so schneller einsetzen und effektiver ablaufen.
- Insgesamt können sowohl Gärreste als auch Hühnertrockenkot aus dem Betriebskreislauf sinnvoll im Getreide zur Ertrags- und Qualitätsverbesserung eingesetzt werden.

6. Überleitung

- Gruber, H. (2012): Einfluss der Düngung mit Gärresten und Hühnerkot auf Ertrag und Qualität von Weizen. Vortrag, Naturland Ackerbauseminar/Trenthorst
- Gruber, H. (2012): Einfluss einer Düngung mit Gärresten und Hühnerkot auf Ertrag und Qualität von Weizen. <http://www.landwirtschaft-mv.de/Fachinformationen/OekologischerLandbau/Getreide/?id=680&processor=processor.sa.lfaforenbeitrag>
- Gruber, H. (2013): Einfluss einer Düngung mit Gärresten und Hühnerkot auf den Ertrag und die Qualität von Weizen. Kolloquium der LFA/ Gülzow
- Gruber, H., A. Titze, C. Schriever (2013): Durch Einsatz von Gärresten mehr Ertrag und bessere Qualität bei Öko-Winterweizen. Ergebnisse aus Umfrage und Feldversuchen. Öko-aktuell Informationen des Bioparkverbandes Juli 2013, Heft 40
- Gruber, H., A. Titze, Ch. Schriever (2013): Hoher Substratanteil von der eigenen Fläche. Bauernzeitung 54(2013)24 S. 26-28
- Gruber, H. (2014): Mit Gärresten die Qualität von Öko-Winterweizen verbessern. Der Sortenratgeber 2013/2014 Gut Rosenkrantz Handelsgesellschaft für Naturprodukte mbH, S26-29
- Gruber, H. u. A. Titze (2013): Auswirkungen von Gärresten und Hühnertrockenkot aus Öko-Betrieben. Das Blatt Heft 3/2013, S. 21
- Gruber, H. (2014): Effekte des Einsatzes von Gärresten in Öko-Getreide, Öko-AG Düngung der Bundesländer in Kassel
- Gruber, H.; Wegner, C.; Titze, A. (2015): Einfluss der organischen Düngung mit Gärresten auf Ertrag und Qualität von Getreide. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Heft 56, 53-61
- Gruber, H., A. Titze, C. Rutzen (2015): Gärresdüngung von Getreide im Ökologischen Landbau. Faltblatt, <http://www.landwirtschaft-mv.de/Fachinformationen/OekologischerLandbau/Getreide/?id=192&processor=processor.sa.lfaforenbeitrag>
- Gruber, H.; Wegner, C.; Titze, A.: Gärreste optimieren Bio-Weizenanbau. Bioland Fachmagazin, (2016)4 S. 7-9

Die Versuche wurden während der Laufzeit auf Feldbegehungen und Feldtagen präsentiert und damit einem breiten Fachpublikum zugänglich gemacht.

Literaturverzeichnis

- Ansbach, V. (2009). Status Quo, Perspektiven und wirtschaftliche Potentiale der Biogaserzeugung auf landwirtschaftlichen Betrieben im Ökologischen Landbau. Universität Kassel: Dissertation, 2009.
- Boese, L.(2008): Anwendung von Nitratschnelltest und N-Tester bei der N-Qualitätsdüngung des Winterweizens.Vortragsveranstaltung "Pflanzenbau aktuell". LLFG Bernburg, 11.12.2007.
- Blumenstein, B., Siegmeier, T., Selsam, F., Hofmann, F., Zerger, U., & Möller, D. (2015): Auswirkungen einer integrierten Biogaserzeugung auf ökologische Betriebssysteme: Monetäre Bewertung . In: Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, S. 182-185, Hrsg. Häring, A.M., B. Hornung, R. Hoffmann-Bahnsen, H. Luley, V. Luthardt, J. Pape, G. Trei ISBN978-3-89574-885-1
- Castell, A., G. Salzeder, M. Schmidt, P. Urbatzka (2015): Einfluss der Fruchtfolge auf Ertrag und Qualität von Winterweizen in viehhaltenden und viehlosen Betriebssystemen - Ergebnisse eines Dauerfeldversuches. In: Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, S. 182-185, Hrsg. Häring, A.M., B. Hornung, R. Hoffmann-Bahnsen, H. Luley, V. Luthardt, J. Pape, G. Trei ISBN978-3-89574-885-1
- Düsing, S. (2010): Optimierung des Nährstoffmanagements am Beispiel der Fruchtfolge des Gutes Dalwitz. Chancen und Möglichkeiten des Einsatzes von Biogasgülle zu Winterweizen. Masterarbeit, Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde
- Gruber, H., C. Wegner (2015): Einfluss der Sorte auf Ertrag und Qualität bei verschiedenen Mähdruschfrüchten. In: Beiträge zum ökologischen Landbau, Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Heft 56, S. 32-44, ISSN 1618-7938
- Gruber, H., A. Zenk, B. Burmann (2016): Landessortenversuche ökologischer Landbau 2016, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
- Kanthak, S. (2012): Verbesserung der Stickstoffeffizienz von Biogasgarresten durch Biokohle – Möglichkeiten und Grenzen. Bachelor-Arbeit Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde
- Katroschan, K.-U., Mausolf, B. (2014): N-Freisetzung aus organischen Handelsdüngern tierischer und pflanzlicher Herkunft - Zeitverlauf und Temperaturabhängigkeit im Brutversuch. http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Gemuesebau/index.jsp?&artikel=7127, 12.07.2017
- 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 a): Die Nährstoffwirkung von Gärresten. In: Düngung mit Biogasgärresten 10. Kulturlandschaftstag, Schriftenreihe der
- Littmann, Ch. (2014): persönliche Mitteilung
- Lehmann, E. (2011): Wirkung einer Stickstoffspätdüngung auf den Ertrag und die Qualität von Winterweizen. <http://www.landwirtschaft-mv.de/Fachinformationen/Ackerbau/Wintergetreide/?id=349&processor=processor.sa.lfaf> orenbeitrag, abgerufen 02.08.2017
- Möller, K., Leithold, G., Michel, J., Schnell, S., Stinner, W., Weiske, A.(2006): Auswirkung der Fermentation biogener Rückstände in Biogasanlagen auf Flächenproduktivität und Umweltverträglichkeit im Ökologischen Landbau. Gießen und Leipzig: Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, 2006.

- Möller, K., Stinner, W., Leithold, G. (2008): Effects of Biogas Digestion of Slurry, Cover Crops and Crop Residues on Nitrogen Cycles and Crop Rotation Productivity of a Mixed
- Michel, V., A. Zenk, J. Schmidtke (2007): Gülzower PIAFStat-Verfahren - Standard der Versuchsauswertung in Deutschland. In: Beiträge zum Sorten- und Versuchswesen und zur Biostatistik, Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Heft 37, 2007, ISSN 1618-7938
- o. V. (2015): Faustzahlen für den Ökologischen Landbau. Hrsg. KTBL, ISBN 978-3-945088-05-0
- o. V. (2017): Einsatz von Wirtschaftsdüngern.
<https://www.oekolandbau.de/erzeuger/pflanzenbau/spezieller-pflanzenbau/gruenland/duengung/einsatz-von-wirtschaftsduengern/> Stand 28.09.2015, abgerufen 02.08.2017
- o. V. (2017a): AMI 5/2017, S. 3
- o. V. (2017b): Produktinformation der Firma Sobac. <http://sobac.de/produkte/> abgerufen am 25.08.2017
- Peters, J., Gurgel, A. (2011): Landwirtschaftliche Nutzung von Biogasgülle. Abgerufen am 31.10.2015 von www.landwirtschaft-mv.de
- Peters, J., Thiel, T. (2016): Nur Gärreste - reicht das? Vortrag, Tagung der Erzeugergemeinschaft "Qualitätsgetreide und Raps Müritzring" am 25.11.2016 in Ludorf
- 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
- Seidel, K. (2014): Einsatz organischer Dünger im Winterweizen. Vortrag, Fachforum Ökolandbau der Landwirtschaftskammer Niedersachsen am 25. 11. 2014.
- Siegmeier, T., B. Blumenstein, (2017): Biogaserzeugung im ökologischen Landbau.
<https://www.oekolandbau.de/erzeuger/umweltleistungen/biogaserzeugung-auf-biobetrieben/biogaserzeugung-im-oekologischen-landbau/>, abgerufen am 18.08.2017
- Wegner, Kureck, L., Bull, I., Ramp, C. (2015): Frühjahrsgabe von Gärresten im Winterweizen. In: Beiträge zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinien - Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei - Heft 55, S. 54-60. ISSN 1618-7938
- Yara (2012): YARA N-Tester N-Düngung fest im Griff. Dülmen: YARA GmbH & Co. KG