



MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWEERTES
ÖSTERREICH

HBLFA RAUMBERG - GUMPENSTEIN
LANDWIRTSCHAFT

Abschlussbericht

WT BioRinderGülle

Projekt Nr. 100919

Lenkungsmöglichkeiten zur Stabilisierung des pH-Wertes von Rindergüllen

Possible methods to control and stabilize pH value of cattle slurry

Projektlaufzeit:
2013-2015

Projektmitarbeiter:
Walter Starz (Leitung)

Rupert Pfister

Hannes Rohrer

alle Bio-Institut HBLFA Raumberg-Gumpenstein

unter der Mitarbeit von:

Sebastian Ehrmann (Studierender Agrarwissenschaften BOKU)

Anna Gruber (Schülerin HBLFA Raumberg-Gumpenstein)

Eingereicht: Jänner 2016

www.raumberg-gumpenstein.at



Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	3
2	Summary	3
3	Einleitung und Zielsetzung.....	4
4	Material und Methoden	5
4.1	Standort	5
4.2	Versuchsdesign.....	5
4.3	Versuchsanlage.....	5
4.4	Physikalische und chemische Messungen	6
4.5	Statistik.....	6
5	Ergebnis und Diskussion	7
5.1	Physikalische Parameter.....	7
5.1.1	Rührversuch.....	7
5.1.2	Behandlungsversuch.....	8
5.2	Chemische Parameter	9
5.2.1	Rührversuch.....	9
5.2.2	Behandlungsversuch.....	10
5.3	Emissionen	10
6	Schlussfolgerungen	11
7	Literaturverzeichnis.....	12

1 Zusammenfassung

Ammoniak (NH_3)-Emissionen, die bei der Lagerung von Gülle entstehen, führen zu Eutrophierung und Bodenversauerung. In der Landwirtschaft stellen Emissionen aufgrund des Verlusts wertvoller Nährstoffe einen wirtschaftlichen Schaden dar. Andere gasförmige Emissionen aus der Gülle in der Form von Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) tragen als Treibhausgase zur globalen Klimaerwärmung bei. NH_3 - und CH_4 -Emissionen aus der Gülle hängen von deren pH-Wert ab. Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit ist es, die Auswirkung von Sauerstoffzufuhr mit drei verschiedenen Rührvarianten ((A) nicht gerührt, (B) einmal pro Tag 60 min gerührt und (C) 6-mal pro Tag 10 min gerührt) auf den pH-Wert und das Emissionspotenzial von Rindergülle zu untersuchen. Um Lagerungseffekte zu untersuchen, wurden 2 Durchgänge durchgeführt. Die Gülle wurde auf Inhaltsstoffe untersucht und die Entwicklung des pH-Werts, des Redox-Potenzials und der elektrischen Leitfähigkeit gemessen. Bei den Rührvarianten B und C kam es zu erhöhten pH-Werten und sowohl pH-Wert als auch Kohlenstoff (C)-Emissionen waren im 2. Durchgang über alle Varianten höher. Diese Effekte werden durch den Abbau organischer Säuren erklärt. Die Rührvarianten hatten keinen Einfluss auf die mengenmäßigen C- und Stickstoff (N)-Emissionen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Rühren von Gülle weder ökologische noch ökonomische Vorteile mit sich bringt.

In einem weiteren Versuch mit Rindergülle am Bio-Institut der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurden zwei verschiedene Güllezusätze auf ihre Effekte hin überprüft. Zur Behandlung wurden ein Mikroorganismen-Präparat und ein Pflanzenextrakt-Mittel verwendet. Sowohl der pH-Wert als auch die elektrische Leitfähigkeit waren bei der Gülle mit dem Pflanzenextrakt-Zusatz signifikant höher, wofür die über das Mittel zusätzlich eingebrachten Ionen verantwortlich sein dürften. Bei den übrigen Inhaltsstoffen konnten keine Unterschiede zwischen unbehandelter und behandelter Gülle festgestellt werden.

2 Summary

Slurry is known as a source of ammonia (NH_3), methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O) emissions. The loss of nutrients has a negative impact on farmers in economic terms. Whereas NH_3 depositions lead to eutrophication and soil acidification, CH_4 and N_2O emissions are known for their global warming potential. CH_4 and NH_3 emissions depend on the pH value of the slurry and previous studies show that emissions could be reduced by lowering the pH. In order to estimate the influence of oxygen supply on the pH and the emission potential of cattle slurry three stirring experiments ((A) not stirred, B stirred for 1 x 60 min per day and C stirred for 6 x 10 min per day) were compared. Furthermore, fresh slurry was compared with previous stored slurry to calculate storage effects. Nutrient values, pH value, redox potential and electric conductivity were measured. While carrying out experiments B and C, pH increased over time. Carbon (C) emissions and pH were higher in stored than in fresh slurry. This effect could be explained by the degradation of organic acids. No influence of stirring on quantitative C and nitrogen (N) emissions were observed. The results show that no positive effects of stirring cattle slurry, neither in economic nor in ecological terms, can be expected.

In a second cattle slurry experiment at the Organic Farming Institute of AREC Raumberg-Gumpenstein, two different manure additives were tested for their efficiency. As slurry treatments a microorganism substance and an herbal extract were used. Both the pH value and the electrical conductivity were significant higher in the variant treated with the herbal extract. This could be a possible effect of additional ions from this extract. No differences in other contents between untreated and treated slurry were observed.

3 Einleitung und Zielsetzung

Die bei der Lagerung von Gülle entstehenden Emissionen haben negative Folgewirkungen sowohl in ökonomischer als auch ökologischer Hinsicht. Für den/die Landwirt/in gehen wertvolle Nährstoffe verloren (Frick *et al.*, 1996) und die aus der Gülle freigesetzten Methan- und Lachgas-Emissionen wirken als Treibhausgase (BMLFUW, 2012). Ammoniak (NH_3)-Emissionen sind nicht direkt als Treibhausgas wirksam, führen jedoch zu Eutrophierung und Bodenversauerung (Frick *et al.*, 1996) und können über N_2O -Bildung auf indirektem Weg zur Treibhausgasbildung beitragen (De Klein *et al.*, 2006). Harnstoff bzw. Harnsäure aus dem Urin von Tieren wird größtenteils zu Ammonium (NH_4^+) abgebaut (Rinke, 2000). In wässriger Lösung befinden sich NH_3 und NH_4^+ in einem Gleichgewichtszustand, wobei sich das Dissoziationsgleichgewicht im alkalischen Bereich ($\text{pH} > 7$) hin zum NH_3 verschiebt (Frick *et al.*, 1996). Eine Strategie zur Verminderung der NH_3 -Emissionen besteht daher in der Senkung des pH-Werts. Kann der pH-Wert unter den für methanbildende Mikroben optimalen Wert von 6,8-7,8 (Schieder *et al.*, 2010) gesenkt werden, sind auch verminderte CH_4 -Emissionen zu erwarten.

Aktuell gibt es Bestrebungen eine aktive Absenkung des pH-Wertes während der Lagerung oder der Ausbringung von Gülle zu erreichen. Dabei stehen Verfahren im Vordergrund, wo eine Senkung des pH-Wertes durch Zugabe von anorganischen Säuren (Schils *et al.*, 1999, Sørensen und Eriksen, 2009, Velthof und Mosquera, 2011) erreicht werden soll. Solche Maßnahmen sind in der Biologischen Landwirtschaft Landbau jedoch nicht zugelassen. Auf der anderen Seite werden für die Behandlung der Gülle eine Vielzahl an Zuschlagstoffen angeboten, mit dem Ziel gasförmige Emissionen zu verringern, die Fließfähigkeit zu verbessern, bzw. die Schwimmdeckenbildung zu reduzieren u.a.m. (Pötsch und Humer, 1998). In bisherigen Versuchen konnten dazu aber lediglich ein geringer bis kein Einfluss auf Veränderung der Gülleeigenschaften während der Lagerung festgestellt werden (Buchgraber und Resch, 1996, Gottardi *et al.*, 2009).

Die Zielsetzung der vorliegenden Forschungsarbeit ist es, neben dem Einfluss von Rührvorgängen auf Rindergülle auch die Wirkung von in der Biologischen Landwirtschaft zugelassenen Zusätzen zu untersuchen, um mögliche Beeinflussungen des pH-Wertes zu messen und somit emissionsmindernde Effekte festzustellen.

Somit ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Haben unterschiedliche Rührvorgänge Auswirkungen auf den pH-Wert von Milchviehgülle?
- Stellen Rührvorgänge eine geeignete Möglichkeit zur Verbesserung der Lagerfähigkeit von Milchviehgülle dar?
- Beeinflussen Bakterienpräparate oder Pflanzenextrakte den pH-Wert von Milchviehgülle?
- Haben solche Mittel einen Einfluss auf die stoffliche Zusammensetzung der Milchviehgülle?

Da über eine Beeinflussung des pH-Wertes Effekte auf die Emissionsbildung aus Milchviehgülle erwartet werden, ist es Ziel festzustellen, ob durch Rührvorgänge oder Güllezusätze positive Effekte zur Stabilisierung des pH-Werts und zur Verminderung von Emissionen erwartet werden können. Mit diesen Versuchsreihen soll zusätzlich auch die Kalibration der Gülle-Versuchseinrichtung am Bio-Institut der HBLFA Raumberg-Gumpenstein am Standort in Trautenfels erfolgen. Dies stellt auch ein zweites wesentliches Ziel im Rahmen dieser Untersuchung dar.

4 Material und Methoden

4.1 Standort

Der Versuch wurde am Bio Lehr- und Forschungsbetrieb der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in Stainach-Pürgg durchgeführt. Der Standort des Bio-Instituts (Breite: 47° 31' 3" N, Länge: 14° 4' 27" E) liegt auf 670 m Seehöhe und zeichnet sich durch 7 °C \varnothing Temperatur sowie 1014 mm \varnothing Jahresniederschlag aus.

Als Testsubstanz wurde die Gülle von den 30 Bio-Milchkühen des Moarhof aus der Wintersaison verwendet. Wegen des Systems Vollweide fällt in den Sommermonaten keine Gülle an. Die Wintergülle ist mit Leitungs- und Regenwasser verdünnt, da Waschwasser des Melkstandbodens und das Regenwasser des nicht überdachten Auslaufs in die Güllegrube fließen. Die Futterration setzte sich in der Wintersaison aus 10,4 kg Grassilage, 3,2 kg Heu und 3,7 kg Kraftfutter zusammen.

4.2 Versuchsdesign

Der Gülleversuch zur Thematik des Rührens während der Lagerung wurde im Zeitraum vom 18.04. bis 08.08.2013 und der Versuch mit den Zusätzen vom 06.02. bis 29.05.2014 durchgeführt.

Beim Versuch im Jahr 2013 wurden drei Rührvarianten (**A**) nicht, (**B**) einmal pro Tag 60 min und (**C**) 6-mal pro Tag für 10 min gerührt miteinander verglichen. Dabei diente die nicht gerührte Variante als Kontrollgruppe.

Für den Versuch mit den Güllezusätzen wurden ebenfalls drei Varianten zur Testung vorbereitet. Bei der Variante mit dem Pflanzenextrakt (**SM**) wurden 0,2 l/m³ Stallmax (Produkt der Firma Hechenbichler) einer selbst verdünnten 5%-igen Lösung hinzugegeben. Die Rindergülle der Variante mit dem Mikrobenpräparat (**EM**) wurde mit 1 l/m³ Effektiven Mikroorganismen (Produkt FKE der Firma Multikraft) versetzt und die unbehandelte Variante (**UB**) stellte die Kontrolle dar.

In jeder Wiederholung wurden die Behandlungsvarianten der Rindergülle zufällig den drei Versuchsgüllebehältern zugewiesen (randomisiert) und über einen Zeitraum von zwei Wochen untersucht. Vier Wiederholungen stellten einen Durchgang dar. Insgesamt wurden zwei Durchgänge durchgeführt. Nach jeder neuen Wiederholung wurden die Varianten auf die Versuchsgüllebehälter neu randomisiert. Beim ersten Durchgang wurde frische Gülle als zu untersuchende Substanz verwendet und für den zweiten Durchgang kam die Gülle aus den jeweiligen Varianten des ersten Durchganges zur Verwendung. So sollte eine mögliche Veränderung während der Lagerung erhoben werden. Statistisch handelt es sich dabei um eine einfaktorielle Blockanlage.

4.3 Versuchsanlage

Versuchsgüllebehälter haben ein Fassungsvermögen von ca. 170 kg. Die Bauform der NIRO-Stahlbehälter ist oval und in der Mitte der Behälter befindet sich eine nicht durchgängige Trennwand. Ein schräg in die Behälter eintauchendes, elektrisch betriebenes Rührwerk dient dazu die Gülle in Bewegung zu setzen und einen mischenden, ovalen Strom um die Mittelwand zu erzeugen.

Die Behälter sind mit drei Messsonden der Firma WTW ausgestattet. Der pH-Wert und das Redox-Potential wurden mit SensoLyt® Messsonden und die elektrische Leitfähigkeit mit TetraCon® Messzellen bestimmt.



Abbildung 1: Gülleversuchsanlage am Bio-Institut mit den drei Behältern und den Messenden.

4.4 Physikalische und chemische Messungen

Die Messwerte der Messsonden wurden stündlich aufgezeichnet und zur Auswertung der Daten in Tage unterteilt, aus denen dann das jeweilige Tagesmittel errechnet wurde.

In jeder Wiederholung wurden am ersten, nach sieben und am letzten Tag Proben für die Chemische Analyse gezogen. Der TM-Gehalt wurde durch Trocknung der Gülle bei 105 °C über 48 Stunden ermittelt. Die Bestimmung des Rohasche-Gehalts (XA) erfolgte durch Veraschen im Muffelofen. Der Gesamtstickstoff-Gehalt (N) in der Frischmasse (FM) wurde mit dem Verfahren nach Kjeldahl und der Ammonium-Gehalt (NH_4^+) in TM photometrisch mittels Neßler-Reagenz ermittelt. Die Gehalte an Mineralstoffen (P, K, Mg und Ca) wurde aus mit Salzsäurelösung versetzter Asche im ICP bestimmt.

Trockenproben (schonende Trocknung bei 50 °C) wurden zur Bestimmung von Kohlenstoff (C)-Emissionen in jedem Durchgang insgesamt zweimal (beim Befüllen und beim Entleeren des Versuchsgüllebehälters) gezogen. Durch die Verbrennungsmethode nach Dumas wurde der Kohlenstoffgehalt bestimmt. Als Messgerät wurde eine CNS-Ausführung gewählt. Durch Differenzbildung der Werte beim Befüllen und beim Entleeren wurde auf die C- und N-Emissionen geschlossen. Die Güllemengen in den Behältern wurden gewogen um mengenmäßige Emissionen indirekt zu messen.

4.5 Statistik

Die Residuen der Daten wurden auf Normalverteilung und Varianzhomogenität untersucht und bestätigt. Für die statistische Auswertung wurde die MIXED-Prozedur (Programm SAS 9.4) verwendet. Die fixen Effekte Variante, Tag, und Durchgang sowie die Wechselwirkungen von Variante*Tag und Variante*Durchgang, die Versuchswoche sowie die Güllebehälter wurden als zufällig (random) angenommen. Das Signifikanzniveau wurde mit $p < 0,05$ gewählt. Bei der Darstellung der Ergebnisse werden die Least Square Means (LSMEANS) sowie der Standardfehler (SEM) und die Residualstandardabweichung (se) angegeben. Die paarweisen Vergleiche der LSMEANS wurden mittels Tukey-Test vorgenommen. Die Kennzeichnung signifikanter Unterschiede erfolgte mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben.

5 Ergebnis und Diskussion

5.1 Physikalische Parameter

5.1.1 Rührversuch

Bei der ungerührten Kontrollvariante **A** blieb der pH-Wert weitestgehend konstant und schwankte zwischen 6,9 und 7,0. Bei den beiden Rührvarianten **B** und **C** hingegen stieg der pH-Wert im Laufe der Zeit an und stieg bei der Variante **B** von 7,0 auf 7,2 und bei der Variante **C** von 7,0 auf 7,3 (Abbildung 2).

Tabelle 1: Physikalische Parameter der Gülle in Abhängigkeit der drei Varianten

Parameter	Einheit	Variante						p-Wert
		A		B		C		
		LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM	
Elektrische Leitfähigkeit	mS/cm	11,8 ^b	0,3	13,2 ^a	0,3	13,3 ^a	0,3	< 0,0001
pH-Wert		6,9 ^c	0,1	7,1 ^a	0,1	7,2 ^a	0,1	< 0,0001
Redox-Potenzial	mV	-466 ^b	7	-465 ^b	7	-449 ^a	7	< 0,0001

Dieser Anstieg kann auf den durch Sauerstoffzufuhr angeregten Abbau organischer Säuren erklärt werden (Frick *et al.*, 1996). Die Verläufe der elektrischen Leitfähigkeit weisen ebenfalls auf eine erhöhte Abbaurate organischer Substanz und infolgedessen in Lösung gegangene Ionen hin. Die beiden Rührvarianten **B** und **C** zeigten einen ähnlichen Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit und waren signifikant höher als die nichtgerührte Variante **A** (

Tabelle 1) (Abbildung 3). Wie in Abbildung 5 ersichtlich, kann der pH-Wert gut mit der elektrischen Leitfähigkeit erklärt werden ($R^2=0,7119$).

Tabelle 2: Physikalische Parameter der Gülle in Abhängigkeit der Durchgänge

Parameter	Einheit	Durchgang				p-Wert
		1		2		
		LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM	
Elektrische Leitfähigkeit	mS/cm	12,7 ^a	0,3	12,9 ^a	0,3	0,2580
pH-Wert		7,0 ^b	0,1	7,2 ^a	0,1	< 0,0001
Redox-Potenzial	mV	-479 ^b	7	-441 ^a	7	< 0,0001

Nach einem Abfall des Redox-Potenzials bei allen drei Varianten in den ersten 2-3 Tagen verliefen die Kurve der Kontrollvariante **A** und der Variante **B** ähnlich und unterschieden sich nicht signifikant voneinander (

Tabelle 1). Das Redox-Potenzial pendelte sich zwischen -470 und -460 mV ein. Bei der Variante **C** stieg es hingegen nach einem anfänglichen Abfall wieder an (Abbildung 4). Der signifikant höhere Verlauf des Redox-Potenzials der Variante **C** gegenüber den Varianten **A** und **B** lässt sich über die erhöhte Sauerstoffzufuhr durch das oftmalige Rühren erklären. Die Unterschiede zwischen den Varianten **B** und **C** zeigen, dass der Effekt der Sauerstoffzufuhr nicht von der Rührdauer insgesamt, sondern von der Häufigkeit der Rührvorgänge abhängt.

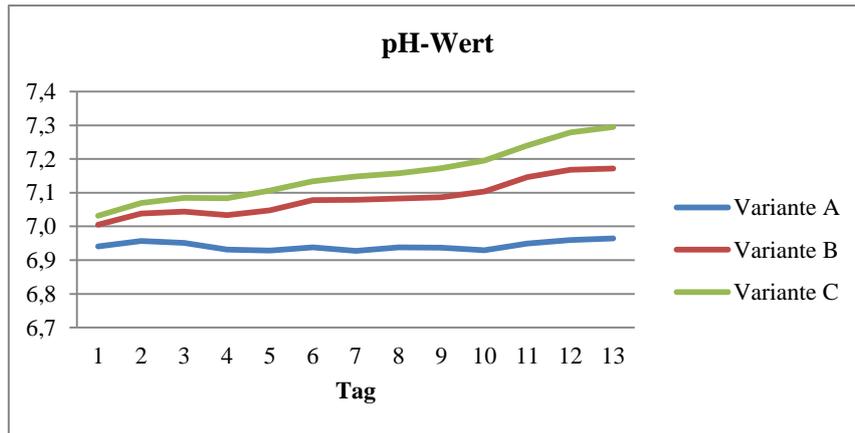


Abbildung 2: Verlauf des pH-Werts der drei Varianten

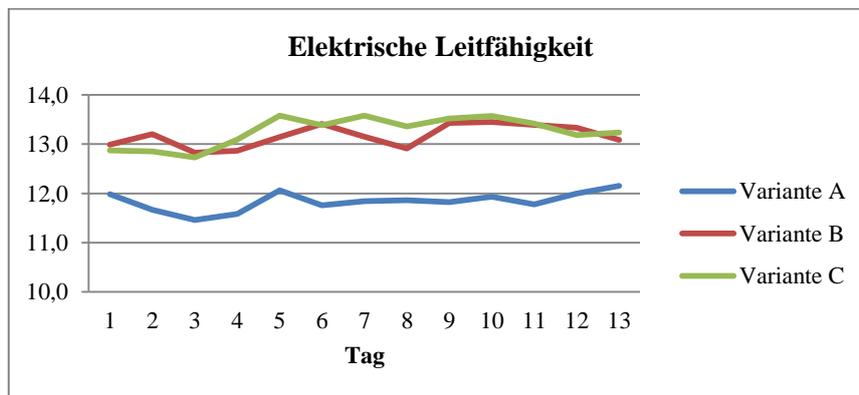


Abbildung 3: Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit der drei Varianten

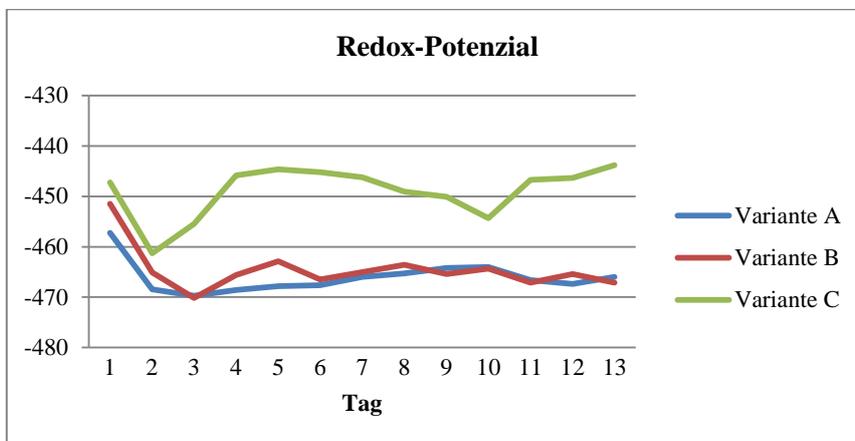


Abbildung 4: Verlauf des Redox-Potenzials der drei Varianten

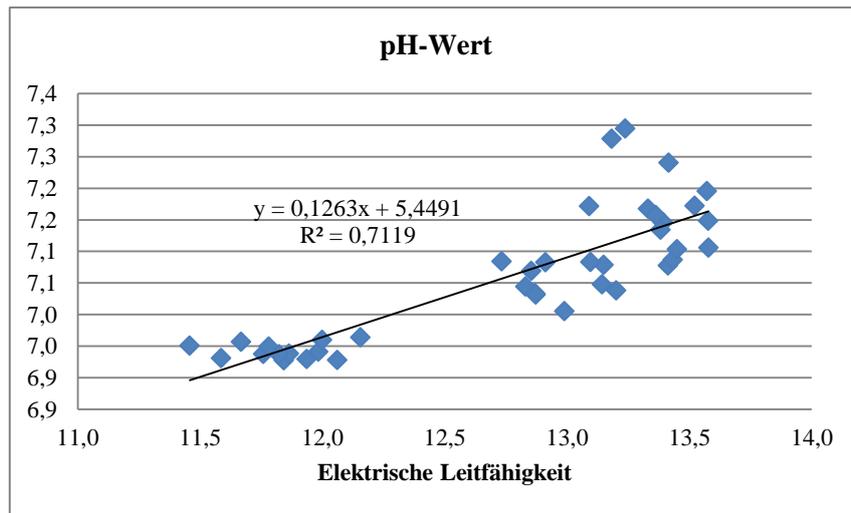


Abbildung 5: pH-Wert in Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit

5.1.2 Behandlungsversuch

Das Pflanzenextraktmittel Stallmax (SM) hatte gegenüber der Güllebehandlung, mit dem Mikroorganismenpräparat (EM) die signifikant höchsten Werte bei der elektrischen Leitfähigkeit und beim pH-Wert (Tabelle 3). Durch das Mittel Stallmax dürften zusätzliche Ionen eingebracht werden, die eine höhere elektrische Leitfähigkeit bewirken dürften. Ebenfalls dürfte das Pflanzenpräparat an sich für die leichte Anhebung des pH-Wertes verantwortlich sein. Das Mittel Stallmax hatte einen pH-Wert von 8,6 im Gegensatz zum Mikroorganismenmittel, das einen pH-Wert von 3,2 aufwies. Beim Redox-Potential konnten keine Unterschiede festgestellt werden. Zwischen den Durchgängen gab es signifikante, aber geringe Veränderungen in der elektrischen Leitfähigkeit und im pH-Wert über alle Varianten hinweg (Tabelle 4). Diese Änderungen bewegten sich im üblichen Niveau, die in den bisherigen Versuchen am Bio-Institut festgestellt wurden.

Tabelle 3: Physikalische Parameter der Gülle in der unbehandelten und den beiden behandelten Varianten

Parameter	Einheit	Variante						p-Wert
		UB		EM		SM		
		LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM	
elekt. Leitfähigkeit	mS/cm	14,8 ^b	0,4	14,7 ^b	0,4	15,5 ^a	0,4	<0,0001
pH Wert		7,25 ^b	0,1	7,25 ^b	0,1	7,30 ^a	0,1	0,0010
Redox Potential	mV	-484	12,4	-488	12,4	-483	12,4	0,1325

Tabelle 4: Physikalische Parameter der Gülle über alle drei Varianten im ersten und zweiten Durchgang

Parameter	Einheit	Durchgang		SEM	p-Wert
		1 LSMEAN	2 LSMEAN		
elekt. Leitfähigkeit	mS/cm	15,52	14,42	0,41	<0,0001
pH Wert		7,08	7,46	0,08	<0,0001
Redox Potential	mV	-485,96	-484,37	12,43	0,6240

Die Güllebehandlung mit Zuschlagstoffen hat eine lange Tradition und es stehen im Handel einige Mittel zur Verfügung. Als positive Wirkungen werden unter anderem angegeben, dass die gasförmigen Emissionen geringer sind, die Fließfähigkeit verbessert ist bzw. die Schwimmdeckenbildung und Geruchsentwicklung reduziert wird u.v.m (Pötsch und Humer, 1998). In diesem Versuch am Bio-Institut konnte keines der beiden Mittel eine deutlich positive Wirkung gegenüber der unbehandelten Rindergülle, bezogen auf die drei physikalischen Parameter, zeigen.

5.2 Chemische Parameter

5.2.1 Rührversuch

Die drei Varianten unterschieden sich weder in Bezug auf den Nährstoffgehalt noch auf den TM-Gehalt. Einen signifikanten Effekt auf TM- und Nährstoffgehalt (Tabelle 5) hatte der Faktor Durchgang. Fast alle Nährstoffgehalte waren im zweiten Durchgang höher als im ersten. Der TM-Gehalt hingegen war im ersten Durchgang höher als im zweiten.

Tabelle 5: Inhaltsstoffe und Nährstoffgehalte der Gülle in Abhängigkeit der Durchgänge

Parameter	Einheit	Durchgang				p-Wert
		1		2		
		LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM	
Trockenmasse	g/kg FM	63 ^b	0,9	58 ^a	0,9	< 0,0001
Rohaschegehalt	g/kg TM	237 ^b	3,4	252 ^a	3,4	< 0,0001
Kaliumgehalt	g/kg TM	44 ^b	0,6	46 ^a	0,6	< 0,0001
Calciumgehalt	g/kg TM	23 ^b	0,6	25 ^a	0,6	< 0,0001
Magnesiumgehalt	g/kg TM	8 ^b	0,2	9 ^a	0,2	< 0,0001
Phosphorgehalt	g/kg TM	9 ^b	0,2	10 ^a	0,2	< 0,0001
Stickstoffgehalt	g/kg FM	2,7 ^b	0,01	2,7 ^a	0,01	< 0,0001
Stickstoffgehalt	g/kg TM	44 ^b	0,6	46 ^a	0,6	< 0,0001
Ammoniakgehalt	g/kg TM	13 ^a	0,2	14 ^a	0,2	0,4111

Insgesamt ergaben sich mit einem durchschnittlichen TM-Gehalt von 63 g/kg FM im ersten bzw. 58 g/kg FM im zweiten Durchgang günstige Verdünnungsverhältnisse. Mit zunehmender Verdünnung ist mit einer pH-senkenden Wirkung zu rechnen (van der Stelt *et al.*, 2005) und bereits ab einer Verdünnung mit Wasser von 1:1 (\cong 5% TM-Gehalt) ist mit einer Verminderung der NH₃-Emissionen zu rechnen (Frick *et al.*, 1996).

Der Hauptfaktor Durchgang hatte eine Auswirkung auf den pH-Wert, der im 2. Durchgang signifikant höher ($p < 0,05$) war. Der Anstieg des pH-Werts mit der Zeit wurde bereits von mehreren Autoren dokumentiert, z.B. (van der Stelt *et al.*, 2005).

5.2.2 Behandlungsversuch

Durch die Zugabe der Effektiven Mikroorganismen (EM) als auch des Pflanzenextraktes Stallmax (SM) konnten keine Auswirkungen auf die Inhaltsstoffe der Rindergülle beobachtet werden (Tabelle 6). Gegenüber der unbehandelten Kontrollvariante (UB) konnte keine geänderte Zusammensetzung gemessen werden. Auch frühere Untersuchungen konnten Produkten zur Güllebehandlung lediglich einen geringen bis keinen Einfluss auf Veränderung der Gülleeigenschaften und -inhaltsstoffe während der Lagerung feststellen (Buchgraber und Resch, 1996, Gottardi *et al.*, 2009)

Tabelle 6: Inhaltsstoffe und Nährstoffgehalte der Rindergülle nach der Behandlung bzw. nicht Behandlung

Parameter	Einheit	Variante						p Wert
		UB		EM		SM		
		LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM	
TM-Gehalt	g/kg FM	65	1,9	66	2,0	64	2,0	0,4330
XA-Gehalt in TM	g/kg TM	248	2,9	245	2,9	249	2,9	0,1153
K-Gehalt in TM	g/kg TM	66	2,1	63	2,1	65	2,1	0,2986
Ca-Gehalt in TM	g/kg TM	22	0,8	22	0,8	22	0,8	0,7242
Mg-Gehalt in TM	g/kg TM	9	0,2	9	0,2	9	0,2	0,5074
P-Gehalt in TM	g/kg TM	9	0,1	9	0,1	9	0,1	0,8607
N-Gehalt in FM	g/kg FM	3,1	0,05	3,1	0,05	3,1	0,05	0,7353
N-Gehalt in TM	g/kg TM	47	0,8	47	0,8	48	0,8	0,2308
NH ₄ -Gehalt in FM	g/kg FM	1,1	0,01	1,0	0,01	1,0	0,01	0,7128
NH ₄ -Gehalt in TM	g/kg TM	16	0,6	16	0,6	16	0,6	0,3019

5.3 Emissionen

Die indirekte Messung der Emissionen wurde nur im Rührversuch vorgenommen.

Die Erhöhten C-Emissionen im zweiten Durchgang könnten das Resultat des oben beschriebenen Säureabbaus sein (Tabelle 7). Die Variable Durchgang hatte jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die N-Emissionen. Weder die C- noch die N-Emissionen wurden durch die unterschiedlichen Rührintervalle beeinflusst.

Neben den mengenmäßigen Emissionen hat auch die Form der Emissionsraten einen entscheidenden Einfluss auf die Treibhauswirkung der austretenden Gase. CH₄, das unter anaeroben Bedingungen entsteht, ist etwa 21-mal treibhauswirksamer als CO₂ (BMLFUW, 2012). Während aufgrund des höheren Redox-Potenzials der Variante C mit verminderten CH₄-Emissionen zu rechnen ist, hat der höherer pH-Wert der Varianten B und C einen gegenteiligen Einfluss. Der optimale pH-Wert für die Methanbildung liegt zwischen 6,8-7,8 (Schieder *et al.*, 2010). Es gilt daher, diese beiden Effekte gegeneinander abzuwägen, um eine exaktere Aussage über die Treibhausgaswirksamkeit der Gase geben zu können.

Tabelle 7: Emissionen der Gülle in Abhängigkeit der Durchgänge

Parameter		Durchgang				p-Wert
		1		2		
		LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM	
C-Emissionen	g/m ³ FM	-30,6 ^b	16,3	-64,8 ^a	16,3	0,0252
N-Emissionen	g/m ³ FM	-4,7 ^a	1,3	-3,1 ^a	1,3	0,2328

6 Schlussfolgerungen

Verschiedene Rührintervalle bzw. kein Rühren hatten keinen mengenmäßigen Einfluss auf die C- und N-Emissionen. Da es jedoch bei den Rührvarianten B und C zu erhöhten pH-Werten kam und dadurch negative Auswirkungen auf das Emissionspotenzial der Gülle zu erwarten sind, wird geraten das Rühren der Gülle auf ein Minimum zu reduzieren. Damit die Rührvorgänge bei Rindergülle reduziert werden können ist es wichtig möglichst geringe Stroh- und Futteranteile, in das Substrat zu bekommen. Gerade langfaserige Substanzen erweisen sich, bei der Bildung von schwer aufrührbaren Schwimmschichten, als sehr ungünstig. Ein weiterer Faktor ist, dass Rührvorgänge einen zusätzlichen technischen und energetischen Aufwand darstellen und somit bei der Energieeffizienz schlecht abschneiden.

Sowohl pH-Wert als auch C-Emissionen waren im zweiten Durchgang höher als im ersten. Dies deutet darauf hin, dass C-Emissionen während der Lagerung steigen. Aus Sicht der Emissionsbildung wären daher verkürzte Lagerzeiten vorzuziehen. Da diese über die Wintermonate, unter Mitteleuropäischen Klimabedingungen und gesetzlicher Vorschriften, nicht möglich ist sollte langfristig die Stabilisierung des pH-Wertes in der Gülle angestrebt werden. Dabei genügt es unter die kritische Grenze von pH- 7 zu fallen. Eine günstige und einfache Methode wäre die Verdünnung mit Regenwasser, da dieses wegen des gelösten CO₂ sauer wirkt. Daher sollte bei der Planung einer neuen Güllegrube ausreichende Lagerreserven miteingeplant werden.

Die Ergebnisse des Behandlungsversuches zeigten, dass sowohl das Bakterienpräparat (FKE) als auch das Pflanzenextraktmittel (Stallmax) in der Rindergülle, keine positiven Effekte auf die gemessenen physikalischen Parameter sowie die erhobenen Inhaltstoffe zeigt. Bei keinem der getesteten Mittel kam es zu einer Stabilisierung bzw. Absenkung des pH-Wertes in der Gülle. Im Falle des Präparates pflanzlichen Ursprungs (Stallmax) wurde sogar eine leichte Anhebung des pH-Wertes gemessen.

Anhand dieser Ergebnisse lässt sich keine Notwendigkeit vom Einsatz solcher Zusatzmittel zur Behandlung der Rindergülle ableiten.

7 Literaturverzeichnis

- BMLFUW (2012): Klimawandel - „vom Acker bis zum Teller“. *Journal* (Issue), 34.
- Buchgraber, K. und Resch, R. (1996): Einfluß unterschiedlicher Güllebehandlungsverfahren auf chemische und physikalische Eigenschaften sowie auf den Geruch von Rindergülle, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft (BAL) Gumpenstein, Irnding, 28 S.
- De Klein, C.; Novoa, R.S.A.; Ogle, S.; Smith, K.A.; Rochette, P.; Wirth, T.C.; McConkey, B.G.; Mosier, A. und Rypdal, K. (2006): Chapter 11: N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC, 54 S.
- Frick, R.; Menzi, H. und Katz, P. (1996): Ammoniakverluste nach der Hofdüngeranwendung – Stark unterschiedliche Verluste je nach Bedingungen. *FAT* **486**, 1-10.
- Gottardi, S.; Peratoner, G.; Egger, P. und Grandi, L. (2009): Können Güllebehandlungen Geruch und gasförmige Emissionen reduzieren? Futterbau und Klimawandel: Grünlandbewirtschaftung als Senke und Quelle für Treibhausgase, Kleve, Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau, 10, 27.-29.08.2009, 61-64.
- Pötsch, E. und Humer, J. (1998): Güllezusätze - Problemlösung oder fauler Zauber? *Journal* **4/1998** (Issue).
- Rinke, G. (2000): Verminderung von Ammoniakemissionen aus Gülle durch die Zumischung von milchsäurehaltigem Restwasser aus der mechanischen Entwässerung feuchtkonservierter Biomasse als regenerativer Energieträger. Universität Kassel, 204 S.
- Schieder, D.; Gronauer, A.; Lebuhn, M.; Bayer, K.; Beck, J.; Hiepp, G. und Binder, S. (2010): Prozessmodell Biogas. *Journal* **3/2010** (Issue).
- Schils, R.L.M.; van der Meer, H.G.; Wouters, A.P.; Geurink, J.H. und Sikkema, K. (1999): Nitrogen utilization from diluted and undiluted nitric acid treated cattle slurry following surface application to grassland. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **53** (3), 269-280.
- Sørensen, P. und Eriksen, J. (2009): Effects of slurry acidification with sulphuric acid combined with aeration on the turnover and plant availability of nitrogen. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **131** (3-4), 240-246.
- van der Stelt, B.; Temminghoff, E.J.M. und van Riemsdijk, W.H. (2005): Measurement of ion speciation in animal slurries using the Donnan Membrane Technique. *Analytica Chimica Acta* **552** (1-2), 135-140.
- Velthof, G.L. und Mosquera, J. (2011): The impact of slurry application technique on nitrous oxide emission from agricultural soils. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **140** (1-2), 298-308.