



**BUNDESMINISTERIUM
FÜR NACHHALTIGKEIT
UND TOURISMUS**

.....
HBLFA RAUMBERG - GUMPENSTEIN
LANDWIRTSCHAFT

Diplomarbeit

**AUSWIRKUNG VON GÜLLESCHWEFEL
AUF ERTRAG UND FUTTERQUALITÄT
IM DAUERGRÜNLAND**

**EINFLUSS VON MILCHSÄURE AUF DEN
PH-WERT DER RINDERGÜLLE**

LUKAS MANGENG PIRMIN SCHÄFER

**BUNDESMINISTERIUM
FÜR NACHHALTIGKEIT
UND TOURISMUS**

.....
HBLFA RAUMBERG - GUMPENSTEIN
LANDWIRTSCHAFT

SCHULE

HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN

Schulart

HÖHERE BUNDESLEHR- UND FORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT

Fachrichtung/Ausbildungsschwerpunkt

AGRARMANAGEMENT

Titel der Diplomarbeit

EINFLUSS VON MILCHSÄURE AUF DEN PH-WERT DER RINDERGÜLLE

AUSWIRKUNG VON GÜLLESCHWEFEL AUF ERTRAG UND FUTTERQUALITÄT IM
DAUERGRÜNLAND

Verfasser/innen

LUKAS MANGENG PIRMIN SCHÄFER

Betreuer/innen

DI WALTER STARZ

Projektpartner/innen

HANNES ROHRER

Verfasst im

JÄNNER 2018

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorgelegte Diplomarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe. Weiters stimme ich zu, dass die Inhalte der Arbeit von den Betreuern der Diplomarbeit und von der HBLFA Raumberg-Gumpenstein für Publikationen und Vorträge uneingeschränkt verwendet werden dürfen.

Raumberg-Gumpenstein, am 28. April 2017

.....
Pirmin Schäfer

.....
Lukas Mangeng

Vorwort und Danksagung

An dieser Stelle möchten wir uns recht herzlich bei unseren Betreuern bedanken. Ein großer Dank gilt Herrn DI Walter Starz der uns auf die wohl beste Art und Weise betreut hat und uns sein umfangreiches Wissen immer zu Verfügung stellte. Weiters war das Arbeiten mit ihm sehr angenehm, da er immer freundlich und entgegenkommend auftrat. Ein Dank gilt auch unserem außerschulischen Partner Hannes Rohrer, welcher unsere Versuche bestens betreute. Ebenfalls möchten wir uns auch bei unserem Pflanzenbaulehrer DDr. Roman Schaffer bedanken der uns das Grundwissen in den letzten drei Schuljahren für unsere Arbeit vermittelt hat.

Wir haben uns für dieses Thema entschieden, da die Emissionen der Wirtschaftsdünger und die Düngung und deren Optimierung in der modernen Landwirtschaft immer wichtiger werden. Denn genau diese Themen führen immer wieder zu Diskussionen zwischen landwirtschaftlichen Betrieben und der Gesellschaft. Diesen brisanten Themen haben wir uns in unserer Arbeit gewidmet. Wir wollten versuchen, den Landwirten eine Möglichkeit aufzuzeigen wie die Emissionsverringerung mit geringem Geldaufwand für fast jedem Betrieb möglich ist. Der Preisdruck auf die Landwirtinnen und Landwirte wird ebenfalls immer größer, somit versuchen diese die Düngung zu optimieren und dies mit geringem Geldaufwand. Wie sich die Schwefeldüngung auf den Ertrag und die Futterqualität auswirkt, haben wir ebenfalls untersucht um den Betrieben gegeben falls eine weitere kostengünstige Lösung aufzuzeigen um den Ertrag zu steigern. Die Schwefeldüngung ist auch für Biobetriebe erlaubt und eröffnet für diese auch die Möglichkeit eine ergänzende Düngung zum ausgebrachten Wirtschaftsdünger durchzuführen.

Lukas Mangeng und Pirmin Schäfer

Zusammenfassung

Die Landwirtschaft stand in den letzten Jahren immer wieder im Mittelpunkt von Diskussionen und Kritiken bezüglich Emissionen und der intensiv gestalteten Bewirtschaftungsweise. Umso wichtiger ist es, sich mit der Reduzierung und Optimierung der Lager- und Ausbringungstechnik zu befassen. Gülle ist der wichtigste und weitverbreitetste Wirtschaftsdünger und spielt in Kombination mit dem Dauergrünland eine wichtige Rolle in der österreichischen Landwirtschaft. Eine Möglichkeit die Gülle besser lagerfähig zu machen und dabei die Emissionen zu verringern kann, in einer Behandlung mit Milchsäure liegen. Die Versuche hierzu wurden am Betrieb des Bio-Institutes der HBLFA Raumberg-Gumpenstein durchgeführt. Die Gülle wurde in Versuchsbehältnissen unter realistischen Lagerbedingungen untersucht. Es konnte der pH-Wert der Gülle nachweislich gesenkt und konstant gehalten werden. Die Senkung des pH-Wertes lässt in weiterer Folge auf ein geringeres Emissionsrisiko schließen. Der Einsatz von Milchsäure ist eine sehr gute Möglichkeit zur Behandlung von Gülle. Der pH-Wert kann mit dieser effektiv gesenkt und gehalten werden. Emissionen und damit verbundene Nährstoffverluste können reduziert werden. In der Praxis wird es eher zum Einsatz von milchsauren Produkten kommen die in der Landwirtschaft genügend verfügbar sind. Eine wichtige Rolle spielt auch die Verwertung von Düngergaben und die Nutzbarkeit dieser für das Dauergrünland. Um eine gerechte Düngung, hinsichtlich Ertrag, gewährleisten zu können müssen alle Nährstoffe im Optimum vorhanden sein. Durch das Problem der gesunkenen Schwefeleintragung in das Grünland, ergibt sich eine Düngung mit Schwefel um den Pflanzenbestand optimal versorgen zu können. Auf Versuchspartzellen wurden die Auswirkungen der verschieden hohen Schwefelgaben eruiert. Dabei konnte eine verhältnismäßig starke Ertragssteigerung festgestellt werden. Der Bestand bleibt annähernd gleich und verändert sich durch die Schwefeldünger-Gaben nur minimal. Genauso wie der Einsatz von Milchsäure kann der Einsatz von Schwefel zur Komplettierung der Düngung als sinnvoll angesehen werden. Durch dessen Einsatz entsteht keine Umweltbelastung und es lassen sich höhere Trockenmasse Erträge erreichen.

Summary

INFLUENCE OF LACTIC ACID ON THE PH VALUE OF A CATTLE SLURRY IMPACT OF SULFUR ON YIELD AND FORAGE QUALITY IN PERMANENT GRASSLAND

In recent years, agricultural practices have repeatedly been at the centre of discussions and criticism because of emissions and intensive farm management. Therefore, it has become important to focus on the reduction and optimization of emissions regarding the use of fertilizer, including its storage and application technology. Slurry is the most important and most commonly used manure and, in combination with permanent grassland cultivation, plays an important role in Austrian agriculture. In order to store slurry better and to reduce emissions, lactic acid can be added to it.

The experiments for our research project were carried out at the Organic-Institute of the HBLFA Raumberg-Gumpenstein. The slurry was examined in test containers under realistic storage conditions and our analysis showed that the pH values of the slurry can thus be lowered and kept constant. Lowering the pH subsequently also leads to a lower emission risk. The pH value can be effectively lowered and maintained with this measure. Additionally, emissions and associated nutrient losses can be reduced. In agricultural practice, lactic acid products are commonly used as they are easily and widely available. Another important issue is the utilization of fertilizer inputs and their usability on permanent grassland areas. In order to ensure consistent fertilization, all nutrients must be present in their optimal values. Due to decreasing sulphur amounts in grassland areas, fertilization with sulphur has become necessary to optimally supply the plant population with nutrients. On our trial plots, the effects of different amounts of sulphur were determined. A relatively strong increase in yield was found. The stock of grass however, almost remained the same and changes only minimally occurred due to the application of sulphur fertilizer.

The use of lactic acid is a very good way to treat manure. Both, the use of lactic acids as well as the use of sulphur can be considered helpful in order to complete the fertilization process and to reduce emissions while increasing dry matter yields.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung.....	III
Vorwort und Danksagung.....	IV
Zusammenfassung.....	V
Summary	VI
Inhaltsverzeichnis.....	VII
Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen.....	IX
Abkürzungsverzeichnis.....	XII
1 Einleitung und Stand des Wissens	1
1.1 Einleitung.....	1
1.2 Grünland.....	3
1.3 Gülle in der Landwirtschaft	6
1.3.1 Tierhaltungssysteme.....	6
1.3.1.1 Slalomsystem	6
1.3.1.2 Umspülsystem	7
1.3.1.3 Treibmistsystem	7
1.3.1.4 Schrappersystem	7
1.3.2 Eigenschaften der Gülle.....	7
1.3.3 Düngung im Grünland.....	9
1.3.4 Probleme der Gülle-Wirtschaft	9
1.3.5 Emissionen aus Gülle während der Lagerung	10
1.3.5.1 Ammoniakemissionen	10
1.3.5.2 Lachgasemissionen	12
1.3.5.3 Methanemissionen	12
1.3.6 Einsatz von Güllezusätzen	13
1.3.6.1 Behandlungsverfahren	13
1.3.6.2 Säurezugabe	14
1.3.6.3 Die Pufferwirkung der Gülle	14
1.4 Schwefeldüngung	15

2	Fragestellungen und Ziele	18
3	Material und Methoden.....	19
3.1	Gülleversuch.....	19
3.1.1	Versuchsort und Zeitraum.....	19
3.1.2	Testsubstanz	19
3.1.3	Allgemeines zur Messung/ Versuchsdesign	19
3.1.4	Verwendetes Material/ Monitoring	21
3.1.5	Analytik.....	21
3.1.6	Datenanalyse	22
3.2	Schwefelversuch.....	23
4	Ergebnisse und Diskussion	28
4.1	Gülleversuch.....	28
4.1.1	Physikalische Parameter.....	28
4.1.1.1	Elektrische Leitfähigkeit.....	29
4.1.1.2	H-Wert	30
4.1.1.3	Redox Potential.....	30
4.1.2	Chemische Parameter	31
4.1.2.1	Trockenmassegehalt.....	32
4.1.2.2	Stickstoffgehalt	33
4.2	Schwefelversuch.....	34
5	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	38
5.1	Gülleversuch.....	38
5.2	Schwefelversuch.....	38
6	Literaturverzeichnis.....	40
7	Anhang	Fehler! Textmarke nicht definiert.

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abbildungen

Abbildung 1 Verteilung der Grünlandbetriebe in Österreich (Grüner Bericht,2014) ...	3
Abbildung 2: Kreislaufwirtschaft in der Landwirtschaft.....	5
Abbildung 3: Darstellung der Prozesswege bei der Güllelagerung (vgl. Zürcher, 2009)	11
Abbildung 4: Schwefeleinträge und Schwelentzug im Grünland (Buchgraber, K. und T. Wisthaller 2014)	15
Abbildung 5: Schwefelkreislauf (yara, 2018).....	16
Abbildung 6: Versuchsaufbau	21
Abbildung 7:Darstellung des Versuchsbehälters	21
Abbildung 8: Temperaturdaten von Irdning im Zeitraum 1971-2000 (Zamg,2018)	23
Abbildung 9: Niederschlagsdaten von Irdning im Zeitraum 1971-2000 (Zamg,2018) .	23
Abbildung 10 Feldversuch Plan	24
Abbildung 11: Gießkanne mit Prallteller	25
Abbildung 12: Schematische Darstellung der parzellierten Fläche und der herausgemähten Streife.....	26
Abbildung 13: Elektrische Leitfähigkeit.....	29
Abbildung 14: pH-Wert	30
Abbildung 15: Redox Potential.....	31

Abbildung 16 Trockenmassegehalt	32
Abbildung 17: N-Gehalt in Frischmasse	33
Abbildung 18: N-Gehalt in der Trockenmasse	33
Abbildung 19:Trockenmasseertrag in kg pro ha	35
Abbildung 20: Rohproteinertrag in kg pro ha	35
Abbildung 21:Energieertrag in kg pro ha	35
Abbildung 22: Schwankung der MJ NEL Gehalte in den verschiedenen Schnitten und verschiedenen Düngungsintensitäten.	36

Tabellen

Tabelle 1: Nutzungsformen am Grünland mit deren Trockenmasse- und Energieerträgen (BUCHGRABER, K. 2000).....	4
Tabelle 2:Durchschnittliche Nährstoffgehalte von Rindergülle und Jauche (vgl. Schaffer,2017a)	8
Tabelle 3:Anfallsmengen an P ₂ O ₅ und K ₂ O aus der Rinderhaltung (in kg/Stallplatz und Jahr) (BMLFUW, 2017b, 67)	8
Tabelle 4: Schwefelgehalte in dem Düngemittel (Lagerhaus, 2017).....	17
Tabelle 5: Versuchsdesign Milchsäure (Variante A: 1:1 verd. Gülle ohne weitere Behandlung, Variante B: 0,5 l Milchsäure auf 150 kg 1:1 verd. Gülle, Variante C: 1 l Milchsäure auf 150 kg 1:1 verd. Gülle)	20
Tabelle 6: Stickstoffdüngung pro Schnitt und ha	25
Tabelle 7: Physikalische Parameter nach Varianten	28
Tabelle 8: Physikalische Parameter nach Durchgang.....	29
Tabelle 9: chemische Parameter nach Varianten	31

Tabelle 10: Verschiedene Erträge durch die Schwefeldüngung	34
Tabelle 11: Der Durchschnittliche Gehalt an Inhaltstoffe bei den verschiedenen Schwefeldüngungen.....	37
Tabelle 12: Auswirkungen durch die Schwefeldüngung auf den Bestand.....	37
Tabelle 13: Wirtschaftlichkeit bei einer Schwefeldüngung von 90 kg pro ha und Jahr	39
Tabelle 14: Wirtschaftlichkeit bei einer Schwefeldüngung von 60 kg pro ha und Jahr	39
Tabelle 15: Wirtschaftlichkeit bei einer Schwefeldüngung von 30 kg pro ha und Jahr	39
Tabelle 16: Bestandesvergrößerung durch Schwefeldüngung	40

Abkürzungsverzeichnis

TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
N	Stickstoff
P	Phosphor
K	Kalium
DG	Durchgang
FM	Frischmasse
MJ NEL.....	Megajoule Netto-Energie-Laktation
dt.....	Dezitonne
XF.....	Rohfaser
XL.....	Rohfett
XP.....	Rohprotein
XX	Stickstofffreieextraktstoffe

1 Einleitung und Stand des Wissens

1.1 Einleitung

In Österreich ist das Grünland die häufigste Nutzungsform und spielt somit eine sehr wichtige Rolle in der Landwirtschaft. 38.823 Betriebe bewirtschaften nur Grünland (Grüner Bericht, 2016). Vor allem in den Hauptproduktionsgebieten Hochalpen, Voralpen und Alpenostrand ist das Grünland die wichtigste Form der Bewirtschaftungsweise. Diese Nutzungsform ist von extensiv Lagen in Bergregionen mit einer Nutzung und intensiven Lagen mit mehr als fünf Nutzungen verbreitet. Um das Grünland mehr als fünf Mal nachhaltig nutzen zu können, muss der Boden dementsprechend gedüngt werden. In dieser Intensitätsstufe ist es schwierig den Bedarf an Nährstoffen des Grünlandes ausschließlich aus Wirtschaftsdüngern zu decken. Sich an den Reserven des Bodens zu bedienen, ist dabei kein nachhaltiges System.

Das Ziel einer verlustarmen Ausbringung von Wirtschaftsdüngern hat verschiedene Hintergründe. Beispiele hierzu wären knapper werdende Ressourcen, Umweltschutz und Sparmaßnahmen aufgrund der betriebswirtschaftlichen Situation und der sich daraus ergebenden Rentabilität eines Betriebszweiges. Besonders bei der Gülle hat die Reduzierung der Emissionen bei Lagerung und Ausbringung an Bedeutung gewonnen. Gülle wurde jüngst der am meisten benutzte Wirtschaftsdünger in der Landwirtschaft und in weiterer Folge einer der wichtigsten Düngerform am Betrieb. Das größte Problem der modernen Gülle-Wirtschaft sind die bei Lagerung und Ausbringung freigesetzten Emissionen. Diese Emissionen setzen sich hauptsächlich aus Ammoniak, Methan und Lachgas zusammen. Ein Entweichen dieser Gase heißt auch ein Verlust an Nährstoffen und in weiterer Folge einen Verlust für den Betrieb.

Laut der Nitratverordnung dürfen im Dauergrünland maximal 170 kg/ha an reinem Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern ausgebracht werden. Bei der aktuellen Bewirtschaftungsintensität werden diese Grenzen angestrebt und somit muss eine entsprechende Nährstoffkonzentration der Wirtschaftsdünger gegeben sein. Die Nährstoffverluste aus Gülle haben eine große

Auswirkung auf das Kreislaufsystem eines Betriebes, da durch diese eine nicht unbedeutende Zahl an Nährstoffen verloren gehen und somit nicht mehr zur Versorgung der Pflanzenbeständen zur Verfügung stehen.

Bei den Verlusten sind es insbesondere die Ammoniak Emissionen, die einen Verlust an Stickstoff bedeuten. Es kann hierbei zu Verlusten (Lagerung und Ausbringung) von bis zu 1/3 des Ammoniak und in weiterer Folge des Ertragsbestimmenden Stickstoffes kommen. Durch die Optimierung der Ausbringungstechnik und den Zusatz von Güllezusätzen wird versucht, diesen Verflüchtigungen entgegen zu wirken und die Pflanzenverträglichkeit der Gülle zu verbessern. Mit der Zugabe von Säuren soll der pH-Wert einer Gülle gesenkt werden. Durch diese Maßnahme können mögliche Emissionen verringert werden.

In den Wirtschaftsdüngern sind viele Nährstoffe ausreichend vorhanden und andere wiederum sind kaum bis gar nicht vorhanden. Diese Nährstoffe müssen aus dem Boden mobilisiert werden oder in Form von Mineraldünger ergänzt werden. Die meisten, vor allem stickstoffhaltige Mineraldünger, sind auf Biobetrieben verboten. Doch einzelne sind auch in der Biolandwirtschaft zugelassen. Darunter fallen auch viele Schwefeldünger. Die Schwefel-Düngung war bis jetzt kaum ein Thema, da der Schwefel im Übermaß durch den sauren Regen in den Boden kam.

Schwefel ist ein wichtiger Pflanzennährstoff, da er Bestandteil von essentiellen Aminosäuren und zur Bildung von Proteinen notwendig ist (vgl.,BMLFUW,2006). Durch die Entschwefelung der Treibstoffe wird der Schwefel in den Böden immer weniger und aus diesem Grund beeinträchtigt dieser Schwefelmangel den Ertrag auf den Acker- und Grünlandflächen.

1.2 Grünland

Die österreichischen Grünfutterflächen umfassen in etwa eine Fläche von 1,36 Millionen ha (Grüner Bericht, 2017). Diese Nutzungsweise der landwirtschaftlichen Flächen ist somit sehr bedeutungsvoll. Im westlichen Teil von Österreich ist Acker aufgrund der Hangneigung und örtlichen Gegebenheiten nur bedingt bis gar nicht möglich (siehe Abbildung 1).

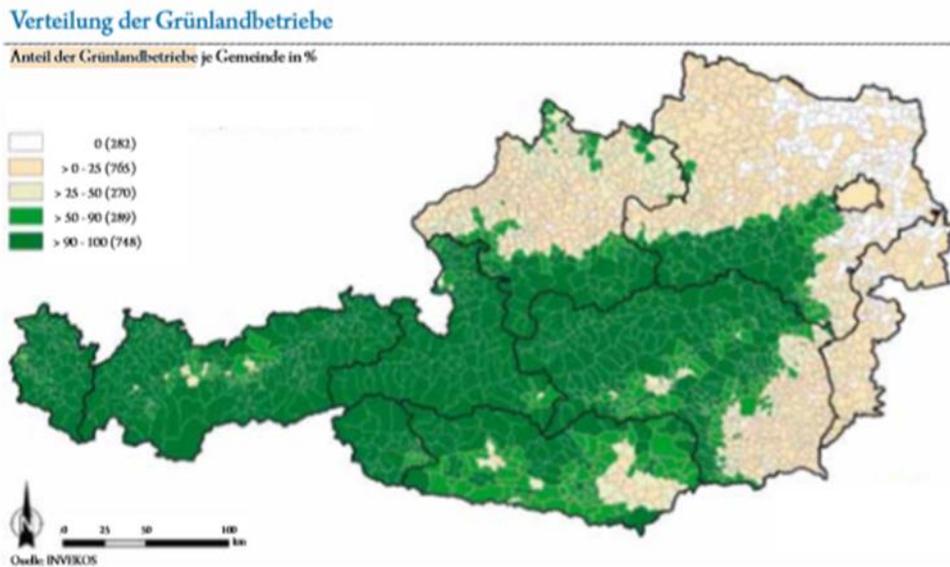


Abbildung 1 Verteilung der Grünlandbetriebe in Österreich (Grüner Bericht, 2014)

Auf dieser riesigen Fläche wird das Futter für viele Nutztiere hergestellt. Grünland hat aber nicht nur wirtschaftlich, sondern auch auf die Kulturlandschaft von Österreich einen großen Einfluss. In vielen Erholungsgebieten und Urlaubszielen von Österreich ist Grünland prägend. Die Erträge (Tabelle 1) vom Grünland stellen die Nahrungsgrundlage für Rinder, Ziegen, Schafe, Pferde, Wildtiere und viele andere Pflanzenfresser dar.

Doch das Grünland ist nicht nur Lebensgrundlage für viele Tiere, sondern ist auch sehr wichtig für die Biodiversität. Rund 70 % der ÖPUL- Naturschutzmaßnahmen finden auf Grünland statt, wobei noch ungenutztes Potential vorhanden ist. Durch die zunehmende Fläche von ungenutztem Grünland (110.000ha) gehen zahlreiche ökologische Funktionen verloren (Grüner Bericht, 2017). Seltene Pflanzenarten wachsen oft auf den extensiv genutzten Grünlandflächen. Grünland ist oft in diesen Gebieten stark verbreitet, in denen Ackerbau aufgrund von klimatischen Verhältnissen nur bedingt möglich ist. Das Grünland wird wesentlich vom Standort, der Nährstoffversorgung und vom Klima beeinflusst.

Tabelle 1: Nutzungsformen am Grünland mit deren Trockenmasse- und Energieerträgen (Buchgraber, K. 2000)

Flächenarten	in dt/ha (Ø Ertrag)	Ø Energiedichte in MJ NEL/ha in der Praxis in (gerund,) bezogen MJ NEL/kg TM auf TM- Ertrag	
	dt	MJ NEL/ kg/ TM	Energieertrag in MJ NEL
Einschnittflächen			
Einschnittfläche mit Nachweide	30	5,1	15.000
Magerwiesen	30		12.000
Zweischmittflächen			
Zweischmittfläche	50	5,2	26.000
Zweischmittfläche mit Nachweide	65	5,3	34.000
Dreischmittflächen			
Landesübliche Wirtschaftsweise	75	5,6	42.000
Gehobene Wirtschaftsweise	90	5,8	52.000
Mehrschnittflächen			
Vierschnittflächen	95	5,8	55.000
Fünfschnittflächen	105	5,9	62.000
Sechsschnittflächen	115		69.000
Kulturweiden			
Drei Weidegänge	55	6,2	34.000
Vier und fünf Weidegänge	85	6,2	53.000
I Durchschnittlicher Ertrag wurde nach der Häufigkeit in der Natur im gewogenen Mittel festgelegt.			

Die Lage des Standortes kann durch die Neigung und die Ausrichtung des Hanges (Süd oder Nordhang) bestimmt werden. Ebenso sind die Höhenlage sowie der Boden entscheidende Faktoren der Ertragsbildung. Die Nährstoffversorgung ist eng an den Boden gebunden. Dabei wird durch die Düngung die Höhe der verfügbaren Nährstoffe bestimmt. Sowohl der Pflanzenbestand als auch das Alter des Bestandes werden maßgeblich durch die Nutzung beeinflusst. Viele Naturkreisläufe, wie z.B. der Wasserkreislauf, werden wesentlich durch das Grünland und indirekt über seine Düngung beeinflusst. Um diese Kreisläufe nicht zu stören, sollte die Fläche so verlustarm wie möglich gedüngt werden. Auf vielen Betrieben, vor allem auf Biobetrieben, ist die Wirtschaftsdüngermenge begrenzt und kann nicht ohne

weiteres mit Mineralstoffdünger aufgebessert werden. Sehr viel Betriebe vor allem Biobetriebe bewirtschaften ihre Flächen nach wie vor nach dem Prinzip der Kreislaufwirtschaft. Das Prinzip der Kreislaufwirtschaft (Abbildung 2) ist, dass Nährstoffe so gut wie möglich genutzt werden. Denn jährlich verlassen Unmengen von Nährstoffen (rote Felder) über die Milch und das Fleisch den Betrieb.

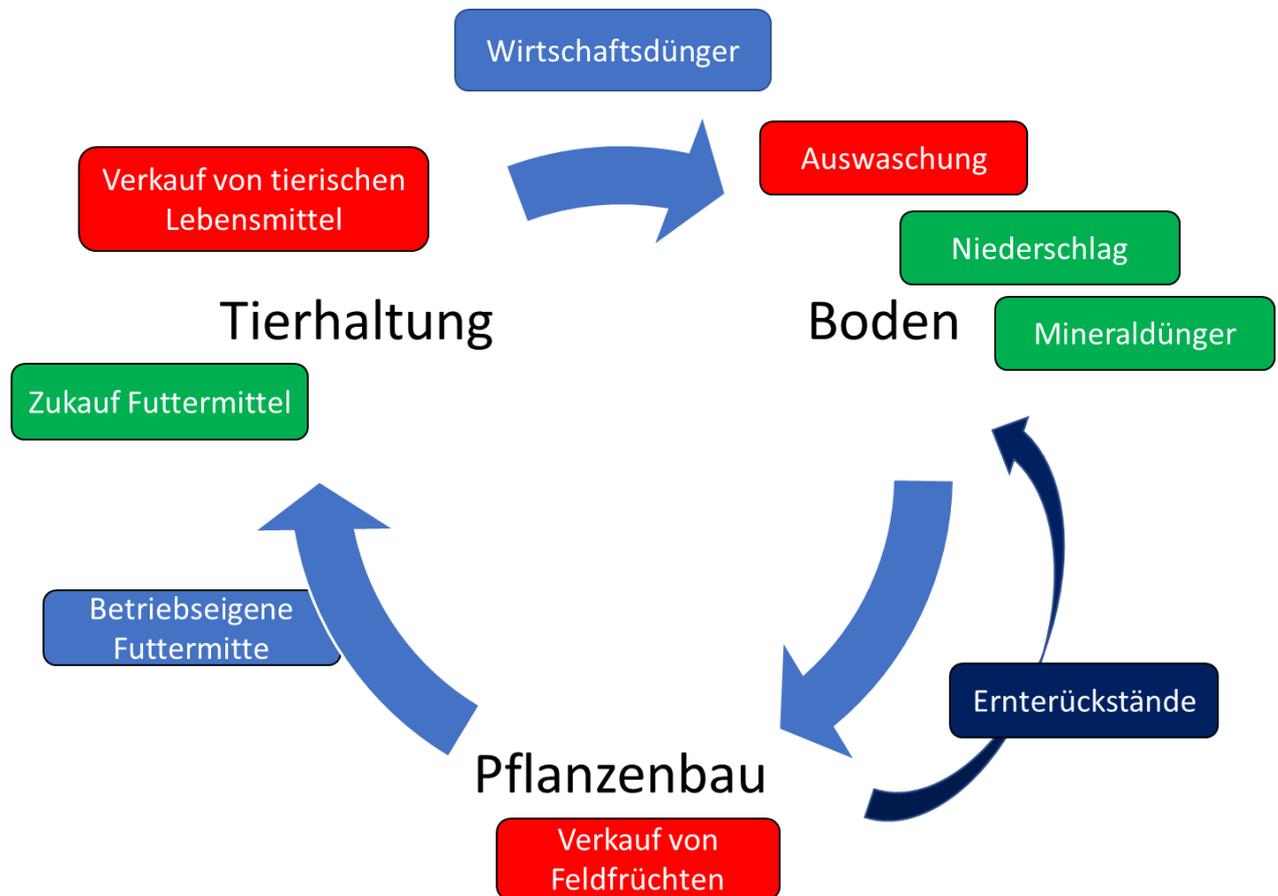


Abbildung 2: Kreislaufwirtschaft in der Landwirtschaft

Diese Verluste müssen über den Zukauf von Futter und Dünger kompensiert werden (grüne Felder). Werden die Verluste nicht kompensiert, ist der Kreislauf nicht geschlossen und eine nachhaltige Bewirtschaftung ist nicht gegeben.

Darum versuchen immer mehr Betriebe Lageverluste und Ausbringungsverluste so gering wie möglich zu halten um die Wirkung der Wirtschaftsdünger zu erhöhen und einen optimalen Ertrag zu erwirtschaften.

1.3 Gülle in der Landwirtschaft

Gülle ist in der heutigen Landwirtschaft der wohl wichtigste Wirtschaftsdünger und fällt vor allem an rindviehhaltenden Betrieben an. Die Gülle besteht aus Kot, Harn und einem kleineren Teil Einstreu. Unter Berücksichtigung einer Verdünnung der Gülle mit Oberflächen- und Waschwasser im Verhältnis von 1:0,5 kann von einer Menge von 20.000.000 m³ Gülle, die in Österreich anfallen, ausgegangen werden (vgl. Pöllinger, 2011).

In Abhängigkeit von Fütterung und Leistung der am Betrieb gehaltenen Milchkühe können in einem halben Jahr zwischen 11,5 und 12,7 m³ Gülle anfallen. Diese Gülle hat dann eine durchschnittliche Trockenmasse (TM) von 8 % mit einer sich daraus ergebenden Stickstoffmenge von 4,5 bis 5 kg/m³ Frischgülle (vgl. BMLFUW, 2017a, 67ff).

1.3.1 Tierhaltungssysteme

Es haben sich in den letzten Jahren verschiedenen Tierhaltungssysteme durchgesetzt. Ein Laufstall entspricht heute dem Standard. Wobei man hierbei in das System Gülle und Mist- Jauche unterscheiden kann. Bei dem Güllesystem werden alle Ausscheidungen, Futterreste und Einstreu in einem Güllelager gesammelt und bearbeitet. Bei einem Mist-Jauchesystem wird der Harn (Jauche) der Tiere gesondert von den festen Ausscheidungen (Mist, Einstreu und Futterreste) gesammelt. Das Güllesystem ist das häufigste und wird meistens mit den folgenden Systemen in Verbindung gebracht: Slalomsystem, Umspülsystem, Treibmistsystem, Schrappersystem. Die genannten Systeme werden nachstehend genauer erläutert.

1.3.1.1 Slalomsystem

Bei einem Slalom-System handelt es sich um eine Güllelagerstätte, die aus Kanälen besteht. Hierbei zirkuliert die Gülle in den Kanälen im Slalom in unter dem Laufstall verlaufenden Güllegängen. Die Gülle wird hierbei von einer fix eingebauten Rührereinheit homogenisiert, pumpfähig und fließfähig aufbereitet. Um die Gülle ausreichend zu homogenisieren, wird ein Rühraggregat benötigt, das leistungsfähig genug ist, um die Gülle in allen Kanälen erreichen zu können.

1.3.1.2 Umspülsystem

Beim Umspülsystem handelt es sich um Flüssigmistkanäle, die täglich mit Gülle gespült werden. Diese Kanäle sind ca. 40 cm tief. Am Kanalende weisen sie eine Staustufe auf und zu Beginn gibt es eine Spülleitung. Frischmist wird bei diesem System täglich abgeführt. Vor allem bei belüfteter Gülle bringt dieses System hygienische Vorteile, da Einstreu und Futterreste täglich weggespült werden und ein tägliches Rühren der Gülle stattfindet. (vgl. Bartussek et al., 2002, 151).

1.3.1.3 Treibmistsystem

Bei diesem System bewegt sich die Gülle aus eigener Kraft richtung Güllelager. Es entsteht ein hydrostatischer Druck, der den Fließvorgang vorantreibt. Dieser Druck ist Voraussetzung für einen guten Güllefluss. Systembedingt sollten die Reibungswiderstände baulich so gering als möglich gehalten werden. Beim Treibmistverfahren lassen sich maximale Kanallängen von 25 m realisieren.

1.3.1.4 Schrappersystem

Bei einem Schrappersystem wird die Gülle mittels Mistschieber (Schrapper) in eine dafür vorgesehene Lagerstätte geschoben. Der Untergrund (Lauffläche) bei einem solchen System ist planbefestigt. Dieses System ist in vielen modernen Stallungen vorhanden und erleichtert die Arbeit und Stallhygiene.

1.3.2 Eigenschaften der Gülle

Die Hauptnährstoffe der Gülle sind: Stickstoff, Phosphor, Kalium, Schwefel, Magnesium und Calcium. Der Gehalt an Nährstoffen in einer Rindergülle ist stark von der Art der Gülle und deren Verdünnung abhängig. Somit ergeben sich für Gülle verdünnt, Gülle unverdünnt und Jauche verschiedene Gehalte (Tabelle 2).

Tabelle 2: Durchschnittliche Nährstoffgehalte von Rindergülle und Jauche (vgl. Schaffer, 2017a)

Rindergülle	TM-Gehalt	N (Lager)	N (feldfallend)	P ₂ O ₅	K ₂ O	Org. Substanz
Gülle (1+1 verdünnt)	5	2,0	1,7	1,0	3,3	38
Gülle (unverdünnt)	10	3,9	3,4	2,0	6,5	76
Jauche (unverdünnt)	3	3,4	3,0	0,2	9,5	13

Die Anfallsmengen an P₂O₅ und K₂O pro Milchkuh und Stallplatz (Tabelle 3) sind wichtig für die Düngerechnung und um die Nährstoffverfügbarkeit an einem Betrieb abschätzen zu können. Mit einer Milchleistung von 7000 kg ergeben sich 37,4 kg P₂O₅ und 178,7 kg K₂O. Bei einer Milchleistung von > 10.000 kg können mit 51,1 P₂O₅ und 223,4 K₂O gerechnet werden.

Tabelle 3: Anfallsmengen an P₂O₅ und K₂O aus der Rinderhaltung (in kg/Stallplatz und Jahr) (BML-FUW, 2017b, 67)

Tierart	P ₂ O ₅	K ₂ O
Milchkühe (5000 kg Mutter)	28,2	148,9
Milchkühe (6000 kg Milch)	32,8	163,8
Milchkühe (7000 kg Milch)	37,4	178,7
Milchkühe (8000 kg Milch)	41,9	193,6
Milchkühe (9000 kg Milch)	46,5	208,5
Milchkühe (> 10.000 kg Milch)	51,1	223,4
Mutterkühe	19,0	119,1

1.3.3 Düngung im Grünland

Die Langzeitwirkung einer Gülle kann nicht mit der von Stallmist verglichen werden, da die Gülle schnellwirkend ist. Der Trockensubstanzgehalt (TM) von Gülle ist von Betrieb zu Betrieb verschieden und hängt vom Verdünnungsgrad dieser ab. Um den genauen Nährstoffgehalt und TM-Gehalt zu ermitteln, muss eine Untersuchung im Labor erfolgen. Somit können die ausgebrachten Düngermengen besser kalkuliert werden. Die Gülle eignet sich zur Ausbringung im Dauergrünland, Ackergrünland und Ackerland. Der Einsatz dieses Wirtschaftsdüngers ist in der heutigen Landwirtschaft als normal anzusehen und entspricht der Praxis. Die Ausbringung und Handhabung ist gut zu planen und zu überwachen, um in weiterer Folge den Düngeverordnungen hinsichtlich ausgebrachter Menge und Ausbringungszeitpunkt zu entsprechen und hinsichtlich der Umwelt eine gerechte Düngung zu gewährleisten. Gülle ist vor allem in den letzten Jahren durch die Intensivierung der Landwirtschaft und gegebenen Haltungsbedingungen ein sehr wichtiger aber gleichzeitig umstrittener Dünger geworden. Der sachgemäße Umgang (Lagerung, Behandlung, Güllezusätze, Ausbringung) mit diesem Wirtschaftsdünger ist also um so wichtiger (vgl. SCHAFFER, 2017b, 22).

1.3.4 Probleme der Gülle-Wirtschaft

Rindergülle hat im Durchschnitt einen pH-Wert von 7,5 womit der anorganische Stickstoffanteil in der Gülle zum Großteil als Ammoniumstickstoff (Ammoniumcarbonat) gebunden ist. Eine belüftete Gülle und Biogasgülle liegen im Gegensatz hierzu bei einem pH-Wert von 8 bis zu über 9. Bei solch einem pH-Wert und in Verbindung mit steigender Temperatur nimmt die Umwandlung von NH_4 zu NH_3 zu und als Folge dessen nimmt auch die Abgasungstendenz sehr stark zu. Generell gilt, dass die Gefahr der Umwandlung von Ammonium (NH_4) zu gasförmigem Ammoniak (NH_3) durch einen erhöhten pH-Wert zunimmt (vgl. Amon et al. 2005a). Die Während der Lagerung anfallenden NH_3 - Verluste sind von mehreren Faktoren abhängig, welche schwierig zu kontrollieren sind. Die Faktoren sind z.B. Harnstoffgehalt, Luftwechsel und der Anteil organischer Substanz in der Gülle. Dazu kommen noch Wechselwirkungen des Säure-Base-Gleichgewichts (pH-Wert). Auch die Durchmi-

schung und die Dauer der Lagerung spielen hierbei eine wichtige Rolle. Die genannten Faktoren beeinflussen auch die Emissionen anderer Schadgase die klimarelevant sind (vgl. Amon et al. 2005b).

1.3.5 Emissionen aus Gülle während der Lagerung

Emissionen aus der Tierhaltung stehen in den letzten Jahren immer wieder zur Debatte. Dabei ist Ammoniak oft ein Schlagwort, wobei es nicht das einzige Treibhausgas ist, das der Gülle entspringt. Die Gase Methan und Lachgas haben sogar eine noch höhere Schadwirkung in Bezug auf ihre Klimarelevanz.

1.3.5.1 Ammoniakemissionen

Der größte Teil der österreichischen Ammoniakemissionen wird durch die Nutztierhaltung verursacht. Der Ammoniakausstoß der österreichischen Nutztierhaltung entspricht 94 % der gesamten österreichischen Ammoniakausstöße, wobei 46,5 % auf Stall-, Hof-, und Lagerverluste und 43,4 % auf Wirtschaftsdünger entfallen (Abbildung 3). Somit ergibt sich eine Emissionsmenge von 63.000 Tonnen Ammoniak österreichweit. Diese Emissionen sind in den vergangenen 24 Jahren um nur 1 % zurückgegangen. Dieser Rückgang der Emissionen ist auf den sinkenden Viehbesatz, der in Österreich beobachtet werden kann, zurück zu führen (vgl. Umweltbundesamt, 2016).

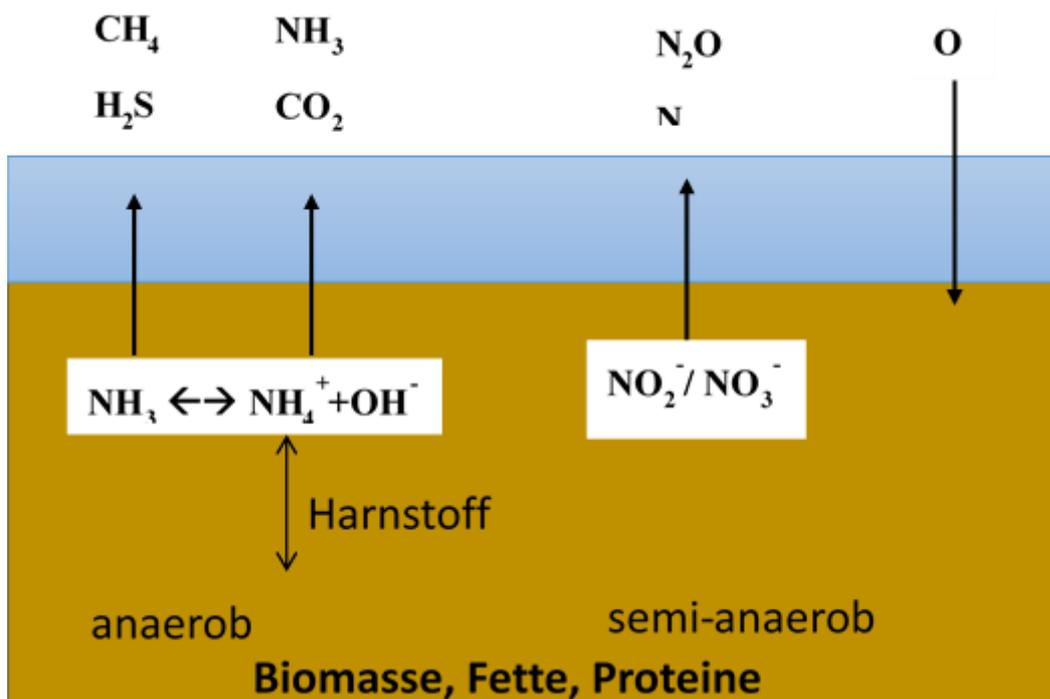


Abbildung 3: Darstellung der Prozesswege bei der Güllelagerung (vgl. Zürcher, 2009)

Nach dem Abbau von organischen Eiweiß- bzw. Amidverbindungen durch den im Urin ausgeschiedenen Harnstoff $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ wird unmittelbar nach Einlagerung der Gülle Ammoniak und Kohlendioxid durch das Enzym „Urease“ gespalten und in weiterer Folge durch die Verbindung mit Wasser zu Ammoniumcarbonat $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ und anschließend zu Ammoniumhydrogencarbonat $(\text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2\text{CO}_3)$ umgebaut. Diese wiederum wird in Abhängigkeit von Temperatur und pH-Wert leicht in Ammoniak, Kohlendioxid und Wasser umgebaut. Wobei zu bemerken ist, dass Ammoniak und Kohlendioxid schnell zur Ausgasung neigen. Die während der Lagerung anfallenden NH_3 -Verluste sind von mehreren Faktoren abhängig, welche schwierig zu kontrollieren sind. Die Faktoren sind z.B.: Harnstoffgehalt, Luftwechsel und der Anteil organischer Substanz in der Gülle. Dazu kommen noch Wechselwirkungen des Säure-Base-Gleichgewichts (pH-Wert). Auch die Durchmischung und die Dauer der Lagerung spielen hierbei eine wichtige Rolle. Die genannten Faktoren beeinflussen auch die Emissionen anderer Schadgase, die klimarelevant sind (vgl. Amon et al. 2005c).

1.3.5.2 Lachgasemissionen

70,1 % der österreichischen Lachgasemissionen sind auf die Landwirtschaft zurückzuführen. Dieser Prozentsatz entspricht 11.500 Tonnen und einem Anteil von 48 %, welche von der Landwirtschaft verursacht wird (vgl. Baumgartner et al., 2011; Umweltbundesamt, 2016). Ein Lachgas Molekül hat ein 310-mal so hohes Treibhauspotential als Kohlendioxid und kann sich bis zu 120 Jahren in der Atmosphäre halten (vgl. Heidiger, 2004). Lachgasemissionen werden hauptsächlich während der Ausbringung und Lagerung von Wirtschaftsdüngern freigesetzt. Durch die aerobe Nitrifikation werden aus Ammonium und Ammoniak, Nitrate und Nitrite gebildet. Diese entstandenen Nitrate und Nitrite werden durch strikt anaerobe Denitrifikationsprozesse wiederum in Lachgas und Stickstoff umgebaut. Das Verhältnis zwischen Lachgas und Stickstoff nimmt mit steigender Versauerung, Nitratkonzentration und geringerer Feuchtigkeit zu (vgl. Dong et al., 2014; Leick, 2003).

Durch die Senkung des pH-Wertes der Gülle wird die Bildung von Lachgas gefördert. Wenn der Gülle pH-Wert von 7,5 auf 6,5 reduziert wird, kann ein bemerkbarer Anstieg der Lachgasemissionen erwartet werden.

1.3.5.3 Methanemissionen

Die österreichische Landwirtschaft verursacht 68,8 % der landesweiten Methanemissionen. Umgerechnet wäre das eine Emissionsmenge von 182.300 Tonnen an Methan. 85 % dieser Menge entspringen dem Verdauungstrakt von wiederkäuenden Tieren, bei denen das Raufutter im Verdauungstrakt mikrobiell abgebaut wird. Wobei speziell Rinder die meisten Emissionen verursachen, da sie auch die meist gehaltenen Wiederkäuer sind. Die nächst größere Emissionsquelle entsteht bei der Lagerung von Wirtschaftsdüngern (vgl. Umweltbundesamt, 2016; Heidinger, 2004). Ein Molekül Methan hat ein 21-mal so großes Treibhauspotential als Kohlendioxid, wobei es sich zwölf Jahre in der Atmosphäre hält (vgl. Heidinger, 2004). Eine wirksame Maßnahme zur Methanfreisetzung während der Güllelagerung ist die Reduzierung des Trockenmassegehaltes (vgl. Amon et al., 2006e). Weiters wird die Herabsetzung des pH-Wertes als wirksame Methode zur Reduzierung der Methanbildung genannt, da das meiste Methan in einem pH-Wert zwischen 6,8-7,8 gebildet wird (vgl. Schieder et al., 2010).

1.3.6 Einsatz von Güllezusätzen

Eine moderne Güllebewirtschaftungsweise mit verlust- und geruchsreduzierender Technik fordert eine Gülle, die homogen, fließ- und pumpfähig ist. Um Gülle in einen optimalen Zustand zu bringen, werden verschiedene Behandlungsverfahren eingesetzt. Diese Behandlungsverfahren können thermische, biologische, mechanische, chemische, biochemische und elektrische sein. Güllezusätze werden eingesetzt um die Gülle pflanzenverträglicher zu machen und/oder um N-Verluste zu vermindern. Das Ziel ist es, den in der Gülle vorhandenen NH_3 in NH_4^+ umzuwandeln um die Auswaschung von diesem möglichst zu vermeiden (vgl. Schaffer, 2017c, 24).

1.3.6.1 Behandlungsverfahren

Die Behandlungsmöglichkeiten von Gülle können in zwei verschiedene Arten unterteilt werden. In die physikalischen- und chemisch-biologischen Behandlungsverfahren. Die physikalischen Behandlungsverfahren von Gülle zielen darauf ab, die Gülle für den Boden schneller verfügbar zu machen und dadurch dem Pflanzenbestand schneller zur Verfügung steht. Ferner bringen diese Verfahren Vorteile in der mechanischen Ausbringung von Gülle um diese einfacher und fachgerechter ausbringen zu können. Zu den physikalischen Behandlungsverfahren werden Wasserzusatz, Feststoffseparation und Biogasvergärung gezählt. Chemisch/Biologische Behandlungsverfahren nennt man auch Güllezusätze oder Gülleaditive. Zu diesen zählt man Gesteinsmehle, Säuren, Mikroorganismen und verschiedene am Markt erhältliche Präparate. Gülleaditive zielen darauf ab, die Geruchsbelästigung zu minimieren, die Gülle zu homogenisieren, die Sink- und Deckschichten aufzulösen, die Fließ- und Infiltrationsfähigkeit beim Ausbringen zu verbessern, die Nährstoffausnutzung durch bakterielle N-Bindung zu verbessern, Ätزشäden zu vermindern, den Pflanzenbestand zu verbessern und das Bodenleben zu fördern. Es gibt viele verschiedene Güllepräparate und Güllezusätze auf dem Markt, der Nutzen dieser und die Rentabilität der einzelnen ist jedoch fraglich und nicht bei jedem Präparat gegeben.

1.3.6.2 Säurezugabe

Der pH-Wert (Säuregehalt) einer Gülle beeinflusst das Gleichgewicht zwischen Ammonium und flüchtigem Ammoniak in einer Lösung maßgeblich. Hohe pH-Werte begünstigen Ammoniakverluste, niedrige pH-Werte begünstigen die Entstehung von Ammonium. Eine Absenkung des pH-Wertes auf 6 kann bewirken, dass mindestens 50 % der Ammoniakemissionen eingespart werden können und sich somit auch nicht in die Luft verflüchtigen können. Die Absenkung des pH-Wertes durch Säuren ist zwar wirksam, jedoch müssen große Mengen von dieser eingesetzt werden. Die Zugabe dieser ist also mit hohen Kosten verbunden. Ein wichtiger Punkt ist hierbei der Nebeneffekt, dass ein niedriger pH-Wert die Abgasung von Methan und Lachgas begünstigen kann.

1.3.6.3 Die Pufferwirkung der Gülle

Wenn man den pH-Wert einer Gülle herabsetzen will, gilt es die Pufferwirkung der Gülle zu beachten. Durch eine Säurezugabe in die Gülle erhöhen sich auch gleichzeitig die Anzahl an Wasserstoff-Protonen (H^+), diese werden durch die Pufferwirkung aufgenommen und behindern in weiterer Folge die Herabsetzung des pH-Wertes. Daraus ergibt es sich das eine pH-Wert Absenkung nur mit einer entsprechenden Säurekonzentration erreicht werden kann (vgl. Moosbrugger et al., 1993).

1.4 Schwefeldüngung

Schwefel ist ein essentieller Pflanzennährstoff, da er ein wichtiger Bestandteil von Aminosäuren ist, die zur Bildung von Proteinen notwendig sind. (vgl,BMLFUW, 2006).

Wie man der Abbildung 4 entnehmen kann, ist der Schwefeleintrag von 50 kg Schwefel aus der Atmosphäre auf 6 kg Schwefel gesunken.

Grünland



Abbildung 4: Schwefeleinträge und Schwelentzug im Grünland (Buchgraber, K. und T. Wisthaller 2014)

Aus diesem Grund liegt der Schwefeleintrag aus der Atmosphäre heute nur noch bei 10 kg pro ha und weniger. Auf leichten und flachgründigen Böden sowie schwefelbedürftigen Kulturen ist diese Menge aus der Atmosphäre nicht mehr ausreichend. Sulfat wird leicht ausge-

waschen, weshalb Mangelerscheinungen auf leichten, sandigen, flachgründigen und humusarmen Böden in Verbindung mit hohen Niederschlägen am häufigsten auftreten (vgl. BML-FUW, 2006).

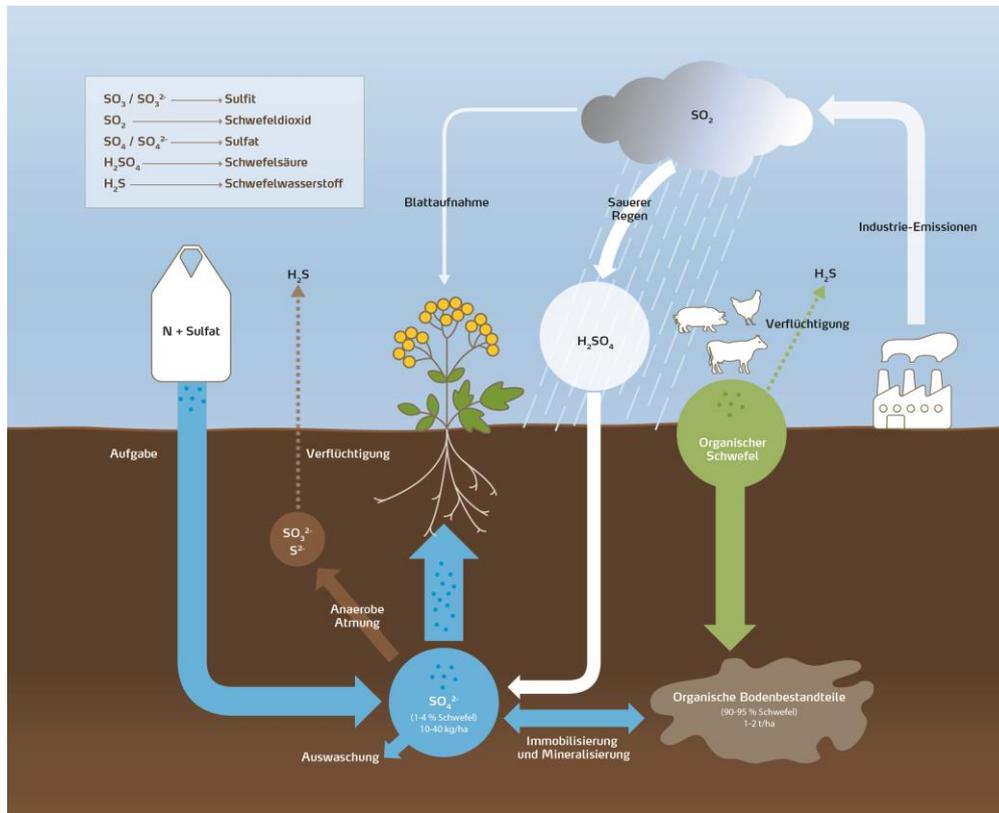


Abbildung 5: Schwefelkreislauf (yara, 2018)

Stickstoff, Schwefel und Phosphor werden in Grünlandböden zum Großteil im Humus gespeichert. Diese organischen gebundenen Nährstoffe sind eine wichtige Quelle für die Grünlandvegetation. Durch den mikrobiellen Abbau des Humus werden diese Nährstoffe pflanzlich verfügbar (Starz.W, 2014). Da Schwefel im Humus gebunden wird, wurde bisher von dem Schwefel gezerzt, der vor Jahren im Übermaß durch die nicht entschwefelten Treibstoffe über die Atmosphäre in unseren Boden gelangt ist (Abbildung 4). Die Ressourcen werden immer weniger und die meisten Dünger beinhalten keinen bzw. nur noch geringe Mengen an Schwefel (Tabelle 4).

Früher wurden Mineralstoffdünger mit Schwefelgehalten mit bis zu 24 % eingesetzt. Heutzutage sind die marktüblichen Nitratdünger ohne Schwefel auf dem Markt und dreifach Superphosphate mit nur 1,5 % Schwefel üblich (vgl. Brown et al., 2000).

Diese Dünger sind allerdings im Bio-System verboten und können daher nur auf konventionellen Betrieben eingesetzt werden.

Tabelle 4: Schwefelgehalte in dem Düngemittel (Lagerhaus, 2017)

Düngermittelkategorie	Handelsbezeichnung	Stickstoff	Phosphor	Kali	Schwefel
Stickstoffdüngemittel	Ammonsulfat	20/21			20,5/24
Phosphordüngemittel	Superphosphat 18 %		18		12
Kalkdünger	Patentkali 30 %			30	17
	Kieserit			25	20
NPK-Düngemittel	DC-Frucht12:5:15+S	12	5	15	18

Auch Wirtschaftsdünger haben einen relativ geringen Schwefelgehalt, aus diesem Grund ist es wichtig bei Schwefel zehrenden Kulturen eine ergänzende S-Düngung durchzuführen. Die Schwefeldüngung kann über N und Mehrnährstoffdünger oder als reines Schwefelgranulat (z.B. Sulfogüll) ausgebracht werden. Die sogenannten Mehrnährstoffdünger sind im Biosystem nicht erlaubt.

Schwefel ist auch für den Aufbau von Senfölen wichtig. Aus diesem Grund ist die Schwefeldüngung besonders bei Raps, Kraut und Kohlarten wichtig. Bei regelmäßiger Ausbringung von Wirtschaftsdüngern (Rindermist: ca. 1 kg S/t; Schweinemist ca. 1,5 kg Schwefel pro t, Hühnermist ca. 2 kg Schwefel pro t; Gülle 0,2 – 0,5 kg Schwefel pro m³) kann auf mittelschweren und tiefgründigen Böden auf eine Schwefeldüngung verzichtet werden. Die Aufnahmefähigkeit von Schwefel ist auch wie bei den meisten Hauptnährstoffe unter einem pH-Wert von 5,5 kritisch zu beurteilen. Sollte dies der Fall sein dann ist nicht nur auf die Düngung ein Augenmerk zu legen, sondern auch auf die Kalkung (vgl,BMLFUW,2006).

2 Fragestellungen und Ziele

Die Düngung ist ein wesentlicher Bestandteil der österreichischen Landwirtschaft. Eine sachgerechte Düngung ist für einen bestmöglichen Ertrag unumgänglich. Unter einer sachgerechten Düngung versteht man aber nicht nur Düngung auf besten Ertrag, sondern auch auf einen möglichst schonenden Umgang mit der Natur. Umweltschutz nimmt immer eine bedeutendere Rolle in unserer Gesellschaft ein. Die Landwirtschaft rückt immer mehr ins Visier des Umweltschutzes, denn Wiederkäuer produzieren bei der Verdauung umweltschädliche Gase. Doch nicht nur bei der Verdauung entstehen diese Gase, sondern auch bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern. Durch die Ansäuerung der Gülle soll versucht werden die Lagerung und die Ausbringung verlustärmer zu gestalten. Durch unseren Versuch wollen wir feststellen, ob dies durch Ansäuerung der Gülle mit Hilfe von Milchsäure möglich ist. Sollte dies gelingen so gibt es eine relativ kostengünstige Lösung um Emissionen einzuschränken. Dadurch würde die Umwelt geschont und die Betriebe hätten mehr Nährstoffe am Betrieb zur Verfügung. Bei einer Optimierung der Düngung kann eine ergänzende Düngung reduziert werden. Hier kommt das Gesetz des Minimums zu tragen. Dieses Gesetz besagt, dass der Nährstoff, der im Minimum steht, den Ertrag bestimmt. Somit ist es wichtig, dass alle Nährstoffe im Optimum liegen um den wirtschaftlichsten Ertrag zu erwirtschaften. Schwefel ist ein wichtiger Pflanzennährstoff und durch fehlenden Eintrag von Schwefel über die Atmosphäre beeinträchtigt dieser Schwefelmangel eventuell den Ertrag. Im Rahmen eines Feldversuches wollen wir den Einfluss von Schwefel auf den Ertrag und die Futterqualität auf einer vierschnittigen Wiese herausfinden. Um die Erträge auf dem Grünland zu steigern und dadurch den Betrieben eine weitere Möglichkeit geben, deren ökonomische Situation zu verbessern.

3 Material und Methoden

3.1 Gülleversuch

3.1.1 Versuchsort und Zeitraum

Dieser Gülle-Versuch wurde am Bio-Institut (Moarhof) der HBLFA-Raumberg-Gumpenstein durchgeführt. Die Durchschnittstemperatur am Standort liegt bei 7 °C und der Betrieb liegt auf einer Seehöhe von 680 m.

3.1.2 Testsubstanz

Es wurde mit der Gülle aus der Wintersaison 2016/2017 gearbeitet. An dem Betrieb Moarhof werden 30 Bio-Milchkühe gehalten. In den Sommermonaten fällt systembedingt keine Gülle an, da die Milchkühe in den Sommermonaten durch das Vollweidesystem, ausschließlich Weidegras aufnehmen. Die während den Wintermonaten verfütterte Ration setzt sich wie folgt zusammen: 75,8 % Grassilage, 16,6 % Heu und 7,6 % Kraftfutter. Die Gülle hatte bereits im Lager eine Verdünnung mit Wasser, welche durch das Haltungssystem bedingt waren. Die Wasserverdünnung setzt aus Waschwasser des Melkbodens und Regenwasser durch den nicht überdachten Auslauf zusammen.

3.1.3 Allgemeines zur Messung/ Versuchsdesign

Um die Auswirkungen der Milchsäure auf die Gülle messen zu können wurde diese in drei verschiedene Versuchsbehältnisse gefüllt und mit verschiedenen Mengen Milchsäure auf den jeweiligen pH-Wert eingestellt. Die drei Varianten und der Versuchshergang: Behälter Wechsel, Dauer, Durchgang werden in der Tabelle 5 zum Versuchsdesign genauer beschrieben. Die drei Varianten werden mit den Buchstaben A, B, C gegenzeichnet. Die Variante „A“ wurde als unbehandelte Korrektur herangezogen um die Werte in Bezug zu einer nicht mit Milchsäure behandelten Gülle zu stellen. Bei der Variante „B“ wurden 0,5 l Milchsäure auf 150 kg 1:1 verdünnter Gülle gegeben und somit ein pH-Wert von 6,5 eingestellt. Variante „C“ wurde mit auf eine pH-Wert von 6 eingestellt und mit 1 l Milchsäure auf 150 kg 1:1 verdünnter Gülle behandelt. Es wurden zwei Durchgänge durchgeführt, ein Durchgang

bestand aus 4 Wiederholungen. Jede Testsubstanz wurde bei jeder Wiederholung per Zufallsprinzip dem jeweiligen Behälter zugeteilt. Bei dem ersten Durchgang wurde eine Gülle, die direkt aus der Lagerstätte stammte, herangezogen. Bei dem zweiten Versuchsdurchgang wurde mit der Gülle des ersten Durchgangs gearbeitet. Somit können Schlüsse aus den Auswirkungen der Milchsäure auf länger gelagerte Gülle gezogen werden.

Tabelle 5: Versuchsdesign Milchsäure (Variante A: 1:1 verd. Gülle ohne weitere Behandlung, Variante B: 0,5 l Milchsäure auf 150 kg 1:1 verd. Gülle, Variante C: 1 l Milchsäure auf 150 kg 1:1 verd. Gülle)

Behälter	Wiederholung	Var.	Datum		DG
1	1	C	von	bis	1
2	1	A	02.03.2017	09.03.2017	
3	1	B			
Behälter	Wiederholung	Var.	Datum		
1	2	A	von	bis	
2	2	C	16.03.2017	30.03.2017	
3	2	B			
Behälter	Wiederholung	Var.	Datum		
1	3	C	von	bis	
2	3	B	30.03.2017	13.04.2017	
3	3	A			
Behälter	Wiederholung	Var.	Datum		
1	4	B	von	bis	
2	4	A	13.04.2017	27.04.2017	
3	4	C			

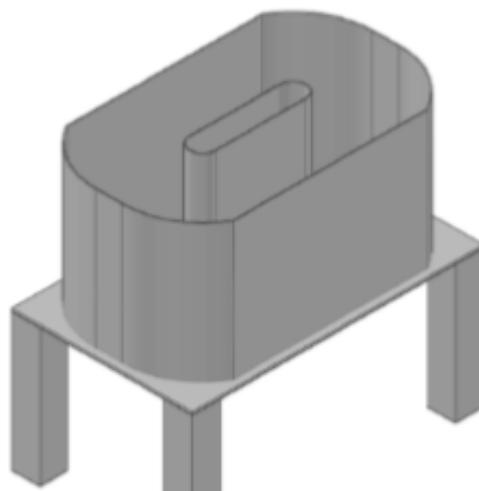
Behälter	Wiederholung	Var.	Datum		DG
1	1	B	von	bis	2
2	1	A	27.04.2017	11.05.2017	
3	1	C			
Behälter	Wiederholung	Var.	Datum		
1	2	A	von	bis	
2	2	B	11.05.2017	25.05.2017	
3	2	C			
Behälter	Wiederholung	Var.	Datum		
1	3	C	von	bis	
2	3	B	25.05.2017	08.06.2017	
3	3	A			
Behälter	Wiederholung	Var.	Datum		
1	4	A	von	bis	
2	4	C	08.06.2017	22.06.2017	
3	4	B			

3.1.4 Verwendetes Material/ Monitoring

Die beim Versuch benutzten Behälter wurden aus NIRO-Stahl gefertigt. Diese wiesen ein Fassungsvermögen von ca. 180 l und eine ovale Bauform auf. Durch eine nicht durchgängige Trennwand, die ovale Bauform und ein, schräg in das Gefäß eintauchendes, Rührwerk konnte die Substanz gut durchmischt werden.



Abbildung 6: Versuchsaufbau



**Abbildung 7: Darstellung des
Versuchsbehälters**

Pro Versuchsbehälter wurden drei Messsonden verwendet. Mit den TetraCon® Messzellen (WTW, 2014b) wurde die elektrische Leitfähigkeit gemessen. Die SensoLyt® Messsonden (WTW, 2014a) bestimmten den pH-Wert und das Redox-Potentail der Gülle. Diese Messsonden tauchten ununterbrochen in die Gülle ein. Die Messwerte dieser wurden stündlich erfasst und in Tage unterteilt. Aus diesen Daten ließ sich dann das Tagesmittel errechnen.

3.1.5 Analytik

Die für die chemische Analyse benötigten Proben wurden am ersten, siebten und am letzten Tag der Versuchsperiode gezogen. Im chemischen Labor der HBLFA Raumberg-Gumpen-

stein wurden die Gülleproben auf ihre Inhaltsstoffe hin untersucht. Der Gesamtstickstoffgehalt (N) in der Frischmasse (FM) wurde nach Kjeldahl ermittelt. Durch Veraschen im Muffelofen wurde der Rohaschegehalt (XA) analysiert. Photometrisch, unter der Anwendung von Neßler Reagenz, wurde der Ammoniumgehalt (NH_4^+) ermittelt. Die Gehalte der Mineralstoffe (P, K, Mg, Ca) wurde im ICP mit aus Salzsäurelösung versetzter Asche analysiert.

3.1.6 Datenanalyse

Die statistische Auswertung erfolgte über die MIXED-Prozedur (Programm SAS 9.4). Die Residuen der erhaltenen Daten wurden unter der Berücksichtigung von Normalverteilung und Varianzhomogenität analysiert und bestätigt. Fixe Effekte hierbei waren Variante, Tag, Durchgang und die Wechselwirkungen von Variante*Durchgang und Variante*Tag. Güllebehälter und Versuchswoche wurden als zufällig (random) angenommen. Um den Effekt von Temperaturschwankungen zu beachten wurde die Temperatur als Covariable gewählt. Mit $p > 0,05$ wurde das Signifikanzniveau angenommen. Weiters werden die Least Square Means (LSMEANS) sowie der Standardfehler (SEM) bei der Darstellung der Ergebnisse angegeben.

3.2 Schwefelversuch

Der Grünlandversuch wurden auf dem Moarhof des Bio-Instituts der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in der Steiermark auf einer Wiese durchgeführt. Diese Fläche wird biologische bewirtschaftet und viermal jährlich gemäht.

Der Feldversuch befand sich auf einer Seehöhe von ca. 720 m, hat eine durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge von 1.014 mm und eine Jahresmitteltemperatur von 7,9 °C. Somit ist dieser Standort für einen Großteil der Grünlandstandorte in Österreich repräsentativ (ZAMG, 2018).

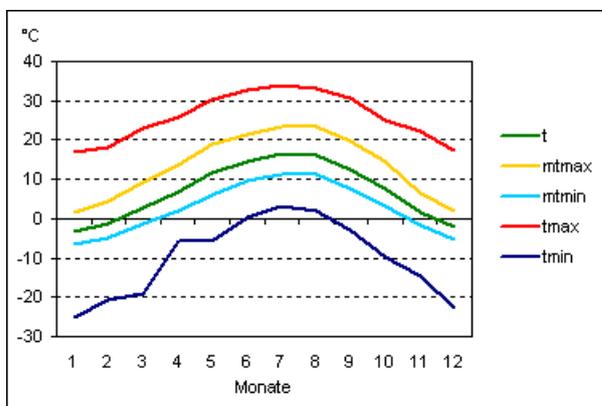


Abbildung 8: Temperaturdaten von Irnding im Zeitraum 1971-2000 (Zamg,2018)

Kürzel	Einheit	Element	Definition
t	°C	Tagesmittel	(Uhr Mittel+19 Uhr Mittel + mittl Maximum+mittl Minimum)/4
mtmax	°C	Mittel aller täglichen Maximalwerten	Summe täglicher Maximalwerten/Anzahl der Tage
mtmin	°C	Mittel aller täglichen Minimalwerten	Summe täglicher Minimalwerten/Anzahl der Tage
tmax	°C	Absolutes Maximum	größtes Tagesmaximum
tmin	°C	Absolutes Minimum	kleinstes Tagesmimumum

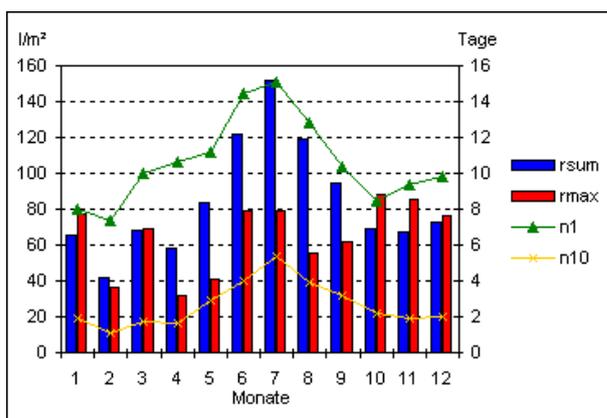


Abbildung 9: Niederschlagsdaten von Irnding im Zeitraum 1971-2000 (Zamg,2018)

Kürzel	Einheit	Element	Definition
rsum	l/m²	Niederschlagssumme	Mittlere Monatssumme des Niederschlages
rmax	l/m²	Größter Tagesniederschlag	Größte Niederschlagsmenge in 24 Stunden
N1	Tag	Niederschlag >= 1mm	Zahl der Tage mit Niederschlagssumme >=1mm
N10	Tag	Niederschlag >=10mm	Zahl der Tage mit Niederschlagssumme >=10mm

Der Feldversuch wurde so aufgebaut, dass es eine randomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen war. (Abbildung 10) Dieser Versuch wurde über zwei Jahre durchgeführt. Die in dieser Diplomarbeit präsentierten Daten sind nur die des zweiten Versuchsjahres.

Auf dieser Blockanlage gab es drei verschiedene Schwefeldüngungsstufen und eine Vergleichsfläche ohne Schwefeldüngung (V1 gelbe Felder, Abbildung 10) Die erste Variante wurde mit 30 kg Schwefel pro ha gedüngt (V2 hellblaue Felder, Abbildung 10). Bei der zweiten Variante wurden 60 kg Schwefel pro ha ausgebracht (V3 violette Felder, Abbildung 10) und auf der dritten Variante wurde 90 kg Schwefel pro ha ausgebracht (V4 dunkelblaue Felder, Abbildung 10).

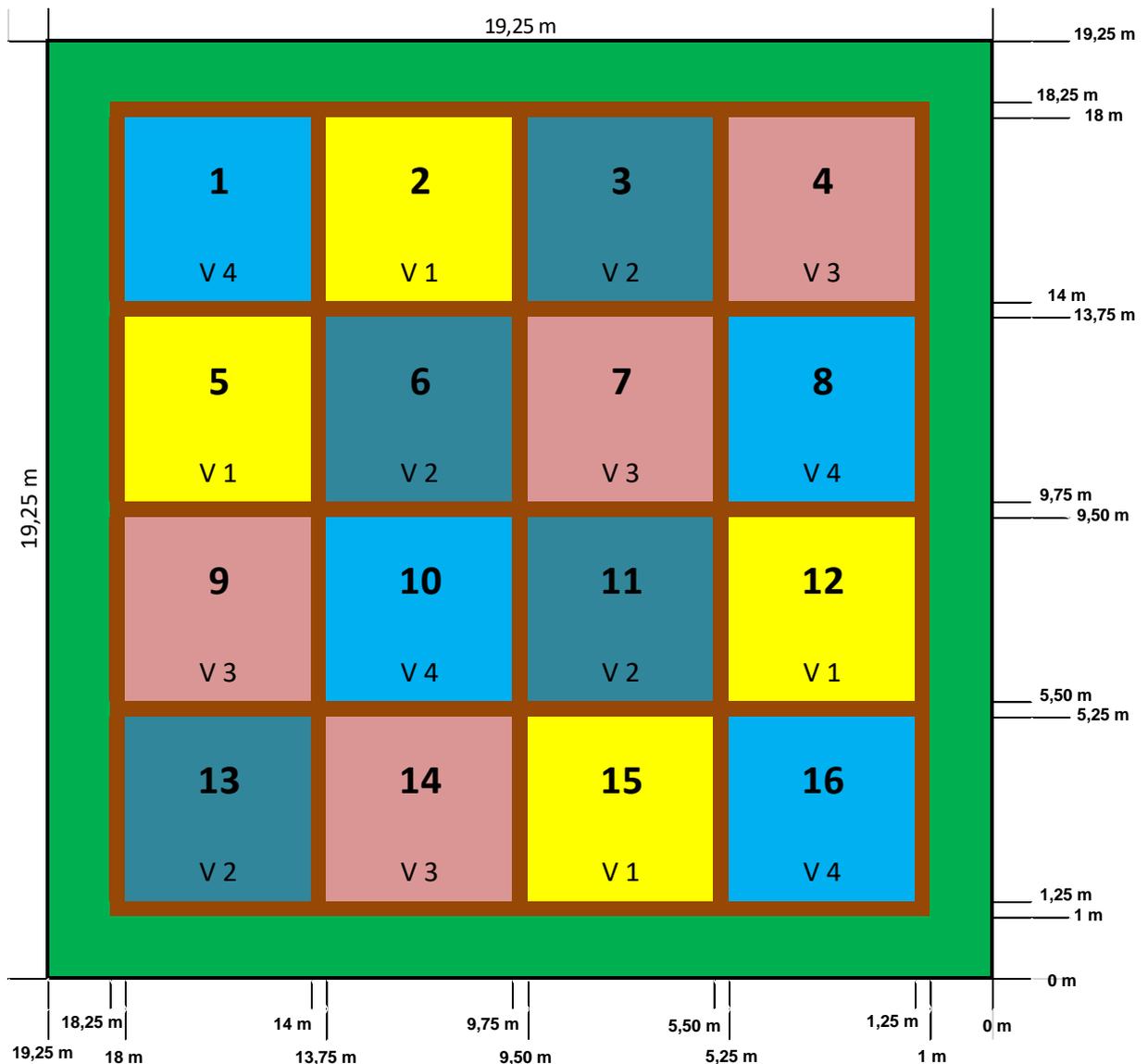


Abbildung 10 Feldversuch Plan

Tabelle 6: Stickstoffdüngung pro Schnitt und ha

Zeitpunkt und Düngerart	Ohne Schwefel	30kg Schwefel/ha	60kg Schwefel/ha	90kg Schwefel/ha
Frühling Schwefel	0	30kg/ha	60kg/ha	90kg/ha
Frühling Rindergülle	20kgN/ha	20kgN/ha	20kgN/ha	20kgN/ha
1 Schnitt Rindergülle	40kgN/ha	40kgN/ha	40kgN/ha	40kgN/ha
2 Schnitt Rindergülle	40kgN/ha	40kgN/ha	40kgN/ha	40kgN/ha
3 Schnitt Rindergülle	30kgN/ha	30kgN/ha	30kgN/ha	30kgN/ha
4 Schnitt Rindergülle	30kgN/ha	30kgN/ha	30kgN/ha	30kgN/ha

Die Gülle wurde vor der Ausbringung im Labor analysiert und dadurch wurde nach Kilogramm Stickstoff pro ha gedüngt. Auf die gesamte Fläche wurden 160 kg Stickstoff pro ha in fünf Teilgaben ausgebracht. Der Schwefel (Sülfogüll) wurde für die jeweilige Fläche ausgewogen und anschließend in Wasser aufgelöst. Diese in Wasser aufgelöste elementare Schwefeldünger wurde anschließend mit der Gießkanne auf den Parzellen ausgebracht. Der Schwefel (das Sülfogüll) wurde im Frühling bei der ersten Güllendüngung ausgebracht. Um die genaue Verteilung auf den Parzellen zu gewährleisten wurde die Rindergülle über Gießkannen mit montiertem Prallteller ausgebracht (Abbildung 11).

**Abbildung 11: Gießkanne mit Prallteller**

Vor dem Mähen wurden bei jeder Parzelle die Anteile der Lücken, Gräser, Leguminosen und Kräuter geschätzt. Die Wuchshöhe wurde mittels „Filip's electronic plate pasture meter“ (RPM) erhoben. Um die Erträge und die Inhaltsstoffe festzustellen wurde mit einem Motormäher, dessen Mähbalken 1,6 m breit das Futter geschnitten. Die Schnitthöhe wurde auf 5 cm eingestellt. Mit diesem Motormäher wurde ein 1,6 m breiter Streifen in jeder Parzelle gemäht. (Abbildung 12 hellgrüner Bereich) Die daneben stehen gebliebenen Streifen wurden als Rand nicht für die Ertragsfeststellung geschnitten (Abbildung 12, dunkler Bereich). Das stehen gelassene Grass wurde erst nach dem das Grass aus dem hellgrünen Bereich gewogen und beprobt wurde gemäht.

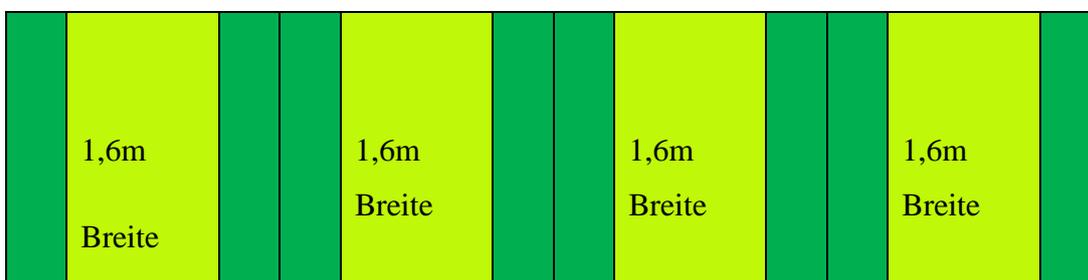


Abbildung 12: Schematische Darstellung der parzellierten Fläche und der herausgemähten Streife

Diese Technik hat den Vorteil, dass dadurch Randeinflüsse minimiert werden. Anschließend wurde das Schnittgut mit einem Rechen zusammengereicht und mithilfe einer Hängewage die Frischmasse ermittelt. Die Schnitthöhe nach der Ernte wurde ebenfalls mit dem RPM gemessen um die tatsächlich geernteten cm zu ermitteln. Daraufhin wurden repräsentative Futtermittelproben, mittels Probenstecher gezogen. Dazu wurde das Gras auf ein Holzbrett gelegt und anschließend wurde mehrmals mit einem geschärften Rohr auf das Gras eingestochen. Das abgeschnittene Gras im inneren des Rohres wurde dann als Probe verwendet. Dieses Material wurden anschließend in einen Plastiksack gegeben und beschriftet um eine Verwechslung der einzelnen Proben auszuschließen. Diese Proben wurden in diesem Sack durchgemischt um ein homogenes Gemenge zu erhalten. Aus diesem Material wurde direkt am Bio-Institut die Trockenmasse bestimmt. Dieses wurde in einem Trocknungsschrank bei 105 °C und über einen Zeitraum von 48 Stunden getrocknet. Diese Vorgänge wurden bei jedem Schnitt wiederholt. Ein weiterer Teil der Frischmasse wurde schonend bei 45 °C getrocknet und dann ins Labor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein geschickt. Dort wurden die Inhaltsstoffe des Futters ermittelt.

Die statistische Auswertung erfolgte über die MIXED-Prozedur (Programm SAS 9.4). Die Residuen der erhaltenen Daten wurden unter der Berücksichtigung von Normalverteilung und Varianzhomogenität analysiert und bestätigt. Fixe Effekte hierbei waren die Variante und der Termin sowie deren Wechselwirkungen. Die Wiederholung und die Spalten des Versuches wurden als zufällig (random) angenommen. Mit $p > 0,05$ wurde das Signifikanzniveau angenommen. Weiters werden die Least Square Means (LSMEANS) sowie der Standardfehler (SEM) bei der Darstellung der Ergebnisse angegeben.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Gülleversuch

In den nachfolgenden Tabellen und Diagramme werden für die verschiedenen Testsubstanzen eigene Buchstaben verwendet. So steht „A“ für den Versuchsaufbau **ohne Milchsäure** (unbehandelte Kontrolle), „B“ für einen eingestellten pH-Wert von **6,5** und „C“ für einen eingestellten pH-Wert von **6**.

4.1.1 Physikalische Parameter

Betrachtet man den p-Wert der oben angeführten Tabellen 7 und 8 so lässt dieser Schlüsse auf die Relevanz der einzelnen Parameter zu. Wenn der p Wert unter 0,05 liegt, kann laut dem Programm, von einer Signifikanz ausgegangen werden. Somit ergeben sich für die physikalischen Werte: Leitfähigkeit, pH-Wert und Redox Potenzial ein Signifikanter Unterschied der Testsubstanzen „B“ und „C“ zur Basis Testsubstanz „A“. Bei der Temperatur ist kein Signifikanter Unterschied zwischen den drei Varianten vorhanden. Der pH-Wert konnte auf Grund dessen Einstellung gesenkt werden.

Tabelle 7: Physikalische Parameter nach Varianten

Parameter	Einheit	Variante			SEM	p Wert
		A	B	C		
		Leitfähigkeit	mS/cm	14,3		
ph-Wert		8,0	6,8	6,4	0,10	<0,0001
Redox-Potenzial	mV	-498	-426	-397	19,36	<0,0001
Temperatur	°C	9,9	10,0	9,9	0,94	0,9851

Tabelle 8: Physikalische Parameter nach Durchgang

Parameter	Einheit	Durchgang			
		1	2		
				SEM	p Wert
Leitfähigkeit	mS/cm	14,3	14,8	0,35628	0,0011
ph- Wert		6,9	6,9	0,08134	<0,0001
Redox- Potenzial	mV	-418	-443	19,36764	0,0028
Temperatur	°C	10,4	10,5	0,95690	<0,0001

4.1.1.1 Elektrische Leitfähigkeit

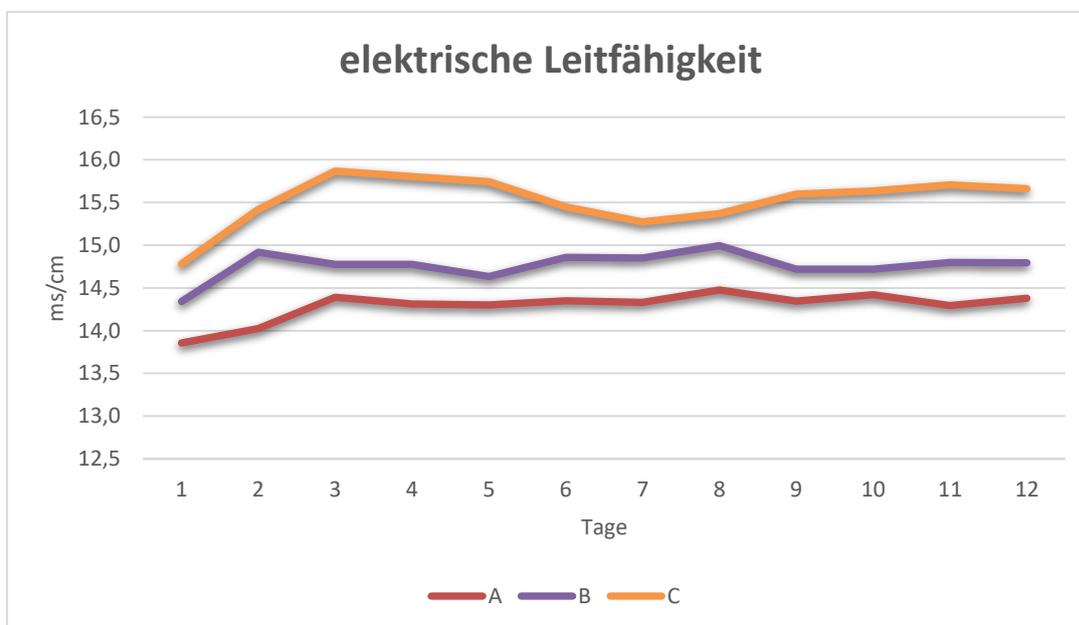


Abbildung 13: Elektrische Leitfähigkeit

In der Abbildung 12 kann man sehen das die elektrische Leitfähigkeit durch die Ansäuerung angehoben werden konnte. In der Abbildung werden die Mittelwerte der beiden Versuchsdurchgänge und der drei Versuchsvarianten nach den Versuchstagen dargestellt. Durch die

Milchsäure konnten in der Gülle zusätzliche Ionen gebildet werden welche einen Effekt auf die Leitfähigkeit haben. Der pH-Wert der Gülle korreliert hier positiv mit der Leitfähigkeit, da die Leitfähigkeit mit sinkendem pH-Wert immer weiter steigt. Die Leitfähigkeit bleibt über die Versuchsdauer annähernd gleich und weist nur geringe Schwankungen auf. Eine Anhebung der Leitfähigkeit beeinflusst das Redox Potential.

4.1.1.2 pH-Wert

Aus der Abbildung des pH-Wertes ist zu entnehmen wie sich der eingestellte pH-Wert der Testsubstanzen „B“ und „C“, über die Versuchsdauer von 12 Tagen, nach 10 Tagen einpendelt und dann konstant bleibt. Die Testsubstanz „B“ stellt sich somit auf einen pH-Wert von ca. 6,5 und die Testsubstanz „C“ auf einen pH-Wert von 7 ein.

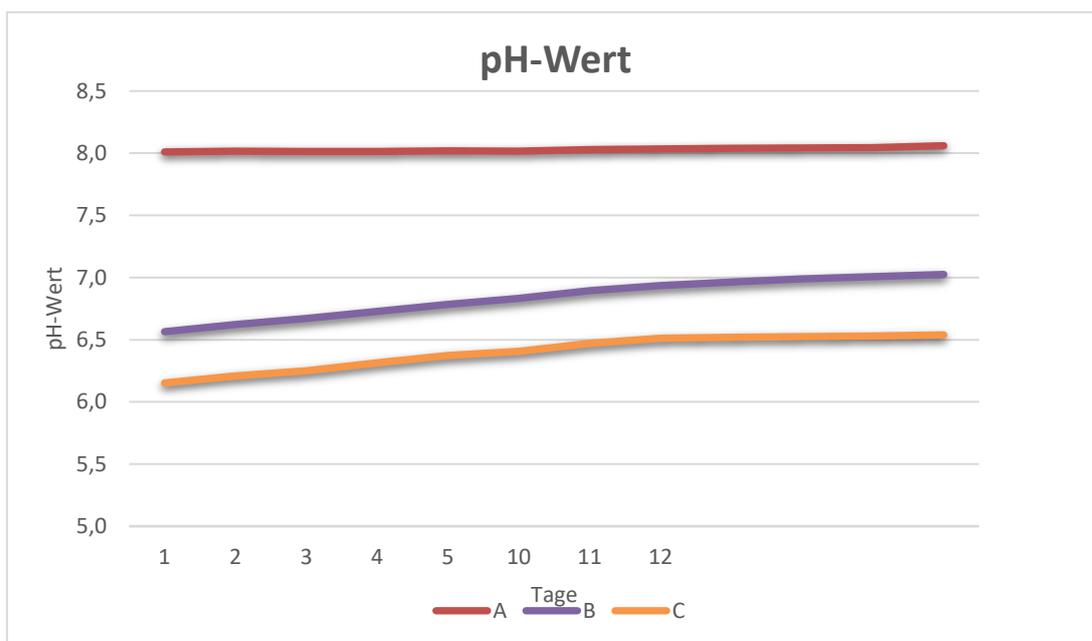


Abbildung 14: pH-Wert

4.1.1.3 Redox Potential

Aus der obigen Abbildung geht hervor dass das Redox-Potential der Gülle mit der Zugabe von Milchsäure gestiegen und somit weniger negativ wie eine unbehandelte Gülle ist. Somit lässt sich die Reaktion von Gülle mit anderen Stoffen verringern. In weiterer Folge ergeben sich daraus weniger Emissionen aus der Gülle.

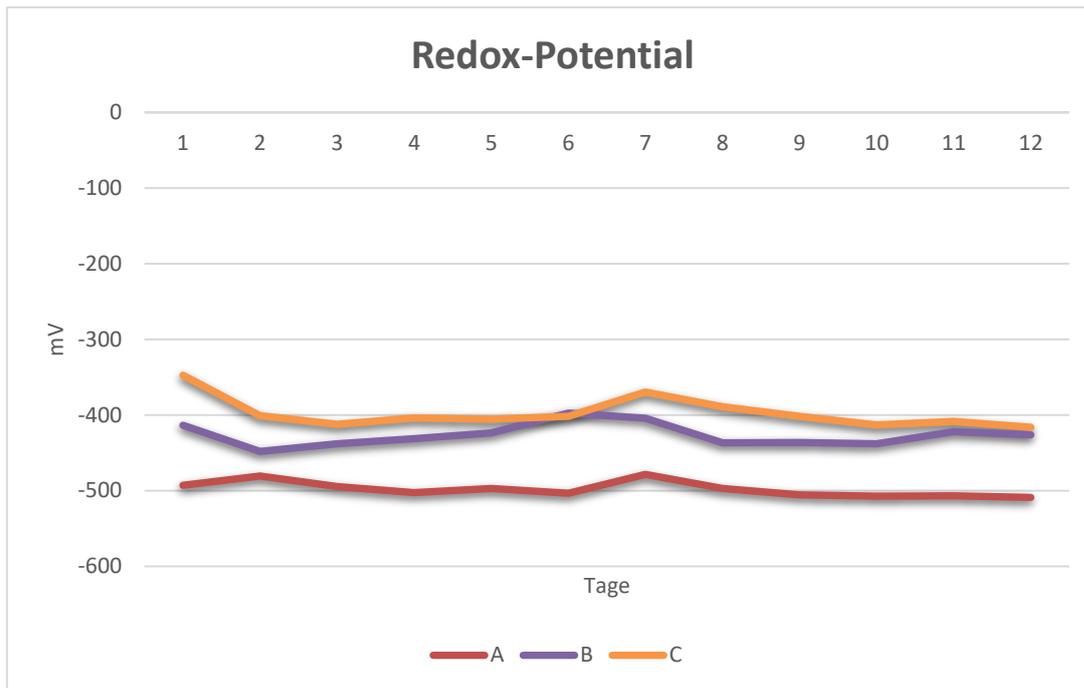


Abbildung 15: Redox Potential

4.1.2 Chemische Parameter

Die chemischen Parameter Magnesium und Phosphor wiesen, nach der Milchsäurebehandlung, einen signifikanten Unterschied auf. Bei Phosphor kann ein Unterschied in der Trockenmasse nachgewiesen werden. Der Unterschied zwischen den einzelnen Varianten beträgt von „A“ zu „B“ drei Gramm und von „B“ zu „C“ nochmals drei Gramm. Genauso verhält es sich mit Magnesium. Somit ergibt sich ein Absinken des Gehaltes an Magnesium und Phosphor bei Ansäuerung.

In den nachfolgenden Graphiken steht „1“ für die Messung nach einem Tag, „2“ für die Messung am siebten Tag und „3“ steht für die Messung am dreizehnten Tag.

Tabelle 9: chemische Parameter nach Varianten

Parameter	Einheit	Variante				p
		A	B	C	SEM	
TM	g/kg FM	35,9	38,5	39,8	1,71	0,140
Kalzium	g/kg TM	21,3	21,0	20,3	0,52	0,069
	g/kg FM	0,8	0,8	0,8	0,01	0,187
Kalium	g/kg TM	89,7	83,1	82,4	3,72	0,228
	g/kg FM	3,1	3,1	3,2	0,03	0,396
Magnesium	g/kg TM	7,3	7,0	6,7	0,27	0,001
	g/kg FM	0,3	0,3	0,3	0,01	0,019
Stickstoff	g/kg TM	56,7	54,0	52,6	2,01	0,252
	g/kg FM	2,0	2,0	2,0	0,04	0,507
Ammonium	g/kg TM	22,3	20,7	19,7	1,50	0,224
	g/kg FM	0,8	0,8	0,8	0,03	0,628
Phosphor	g/kg TM	7,6	7,3	6,9	0,31	0,002
	g/kg FM	0,3	0,3	0,3	0,01	0,029
Rohasche	g/kg TM	321	300	294	7,62	0,001
	g/kg FM	11,8	11,3	11,2	0,13	<0,001

4.1.2.1 Trockenmassegehalt

Der Trockenmassegehalt in der Gülle bleibt, betrachtet man die erste und die letzte Messung, annähernd gleich. Jedoch ist zu beobachten dass der Trockenmasse Gehalt mit sinkendem pH-Wert steigt.

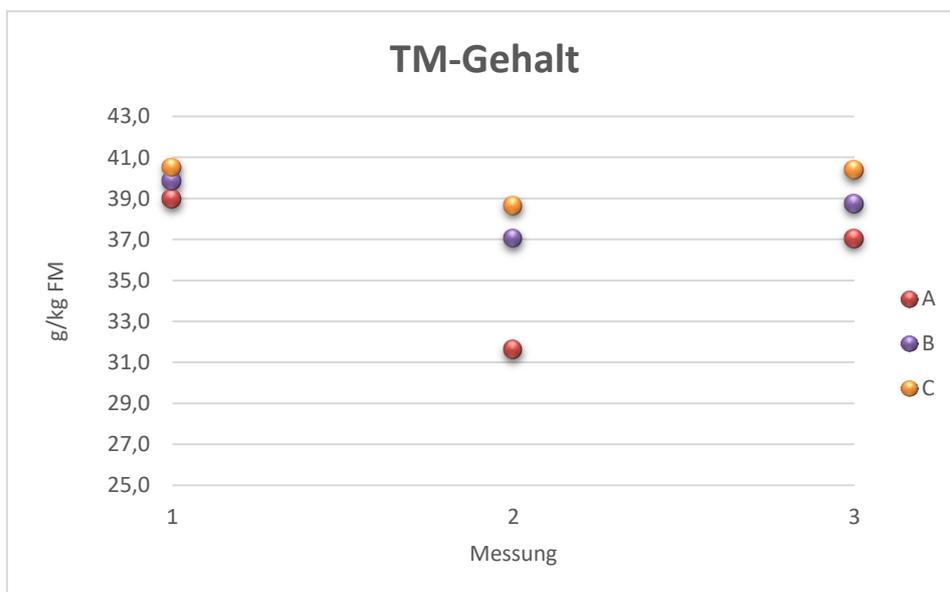


Abbildung 16 Trockenmassegehalt

4.1.2.2 Stickstoffgehalt

Der Stickstoffgehalt in der Frischmasse nimmt von Messung zu Messung ab und bei der letzten Messung werden größere Differenzen sichtbar. Zu beachten gilt es das der Stickstoffgehalt bei der Versuchssubstanz „B“, mit pH 6,5, am höchsten ist. Und bei der Versuchssubstanz „A“, Kontrollsubstanz, ist der Stickstoffgehalt am niedrigsten.

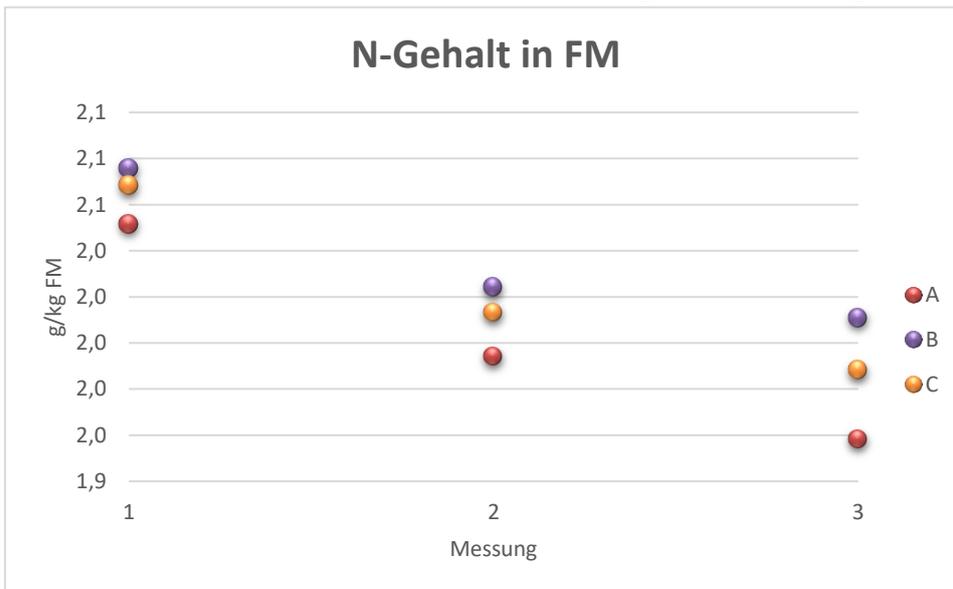


Abbildung 17: N-Gehalt in Frischmasse

Der Stickstoffgehalt in der Trockenmasse bleibt annähernd gleich wenn man die Werte der ersten Messung mit dieser der letzten Messung vergleicht.

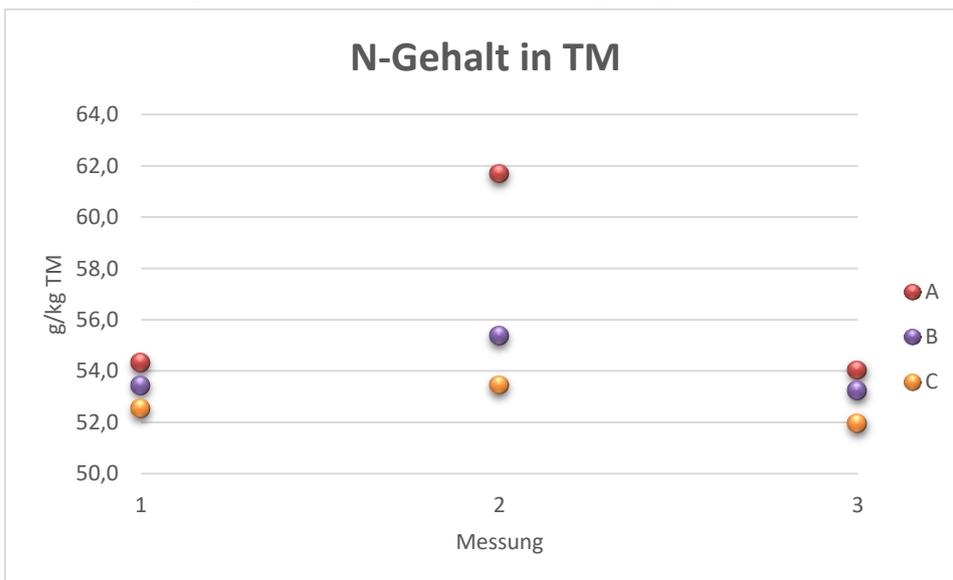


Abbildung 18: N-Gehalt in der Trockenmasse

4.2 Schwefelversuch

In diesem Feldversuch konnte man feststellen das durch die Schwefeldüngung der Trockenmasseertrag und dadurch der Ertrag an Rohprotein und der Energie- Ertrag gesteigert werden konnte.

Tabelle 10: Verschiedene Erträge durch die Schwefeldüngung

Parameter	Einheit	Schwefel				SEM	p
		0 kg/ha	30kg/ha	60kg/ha	90kg/ha		
		NEL- Ertrag	kg/ha	48894	54537		
TM- Ertrag	kg/ha	8057	8901	8984	9528	298	0,033
XP- Ertrag	kg/ha	1196	1330	1375	1452	55	0,028

Betrachtet man den p-Wert der oben angeführten Tabellen ist dieser unter 0,05, das bedeutet, dass laut dem Statistikprogramm von einer Signifikanz ausgegangen werden kann. Dies bedeutet dass mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit diese Ertragssteigerung auf die Schwefeldüngung zurückgeführt werden kann.

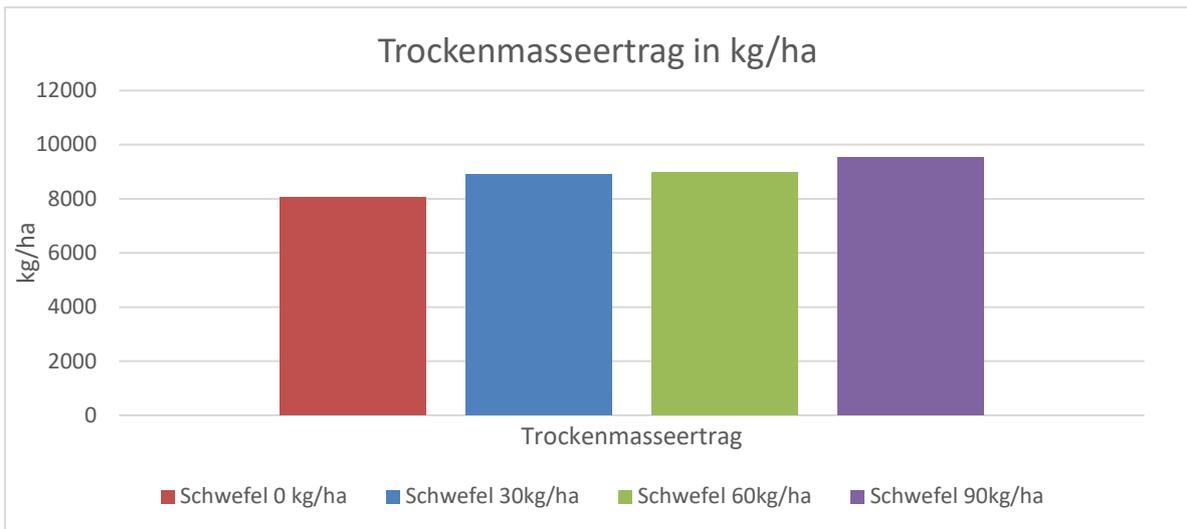


Abbildung 19: Trockenmasseertrag in kg pro ha

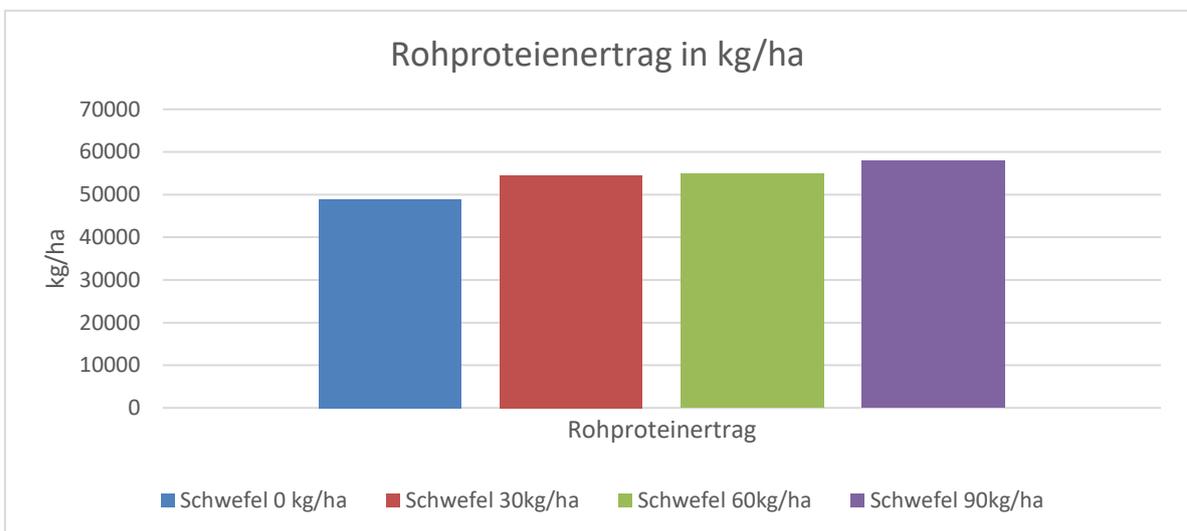


Abbildung 20: Rohproteinertrag in kg pro ha

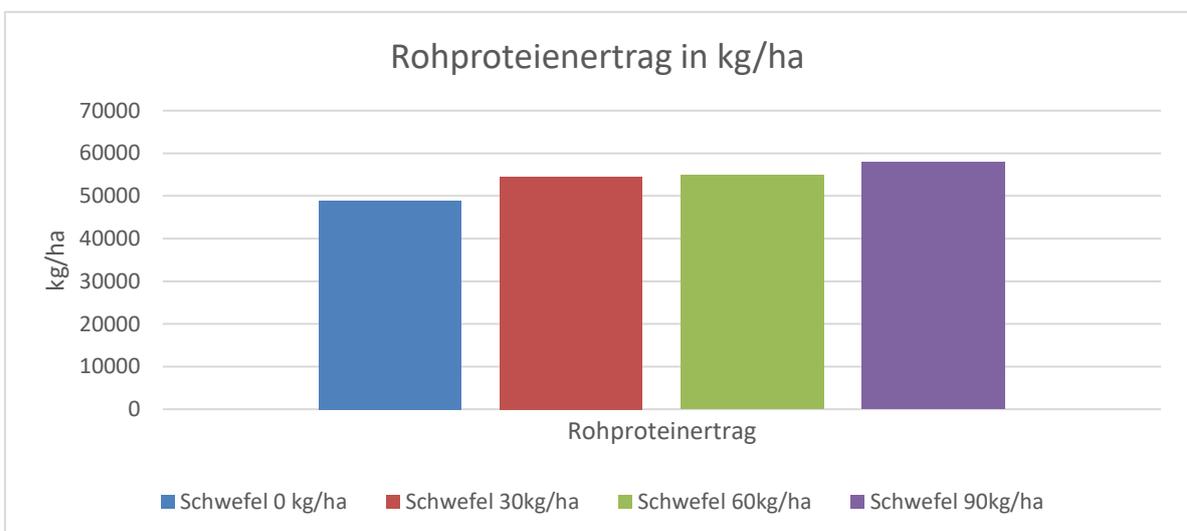


Abbildung 21: Energieertrag in kg pro ha

Wie man den Abbildungen Abbildung 21, Abbildung 20 und Abbildung 19 entnehmen kann ist ein Mehrertrag an Trockenmasse durch die Schwefeldüngung entstanden. Zwischen den Varianten kein Schwefel und einer Schwefeldüngung von 90 kg Schwefel pro ha lagen 1.470 kg TM/ha. Dieser mehr Ertrag war auch im Rohproteinерtrag und Energieertrag messbar. In allen analysierten Futterinhaltsstoffen konnten Schwankungen festgestellt werden. Dies konnten aber nicht auf die Schwefeldüngung zurückgeführt werden.

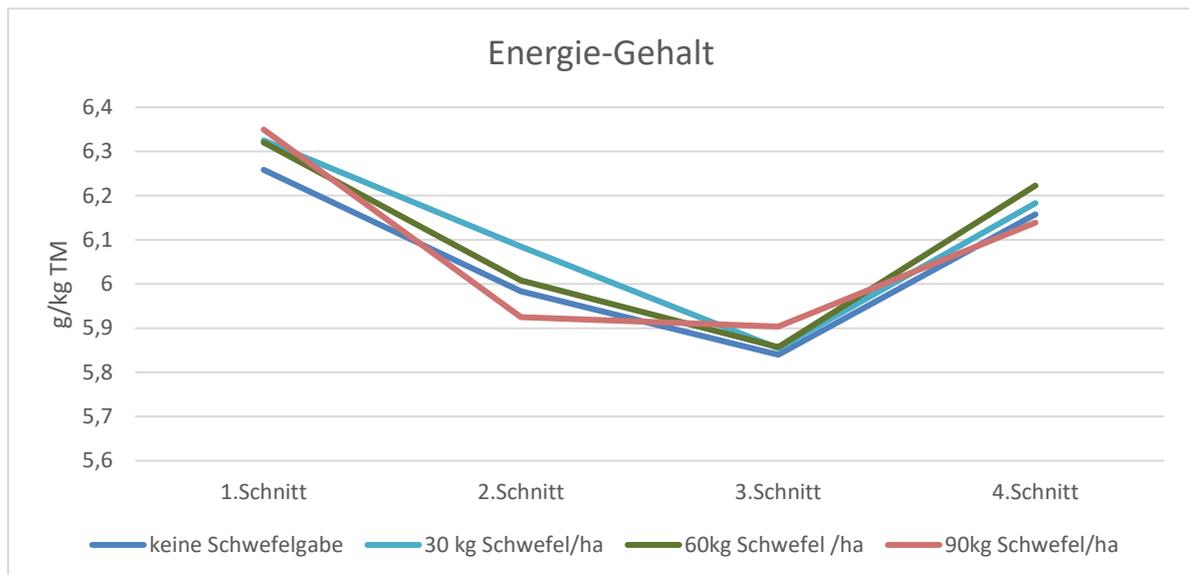


Abbildung 22: Schwankung der MJ NEL Gehalte in den verschiedenen Schnitten und verschiedenen Düngungsintensitäten.

Dies bedeutet, dass es durchaus Sinn macht, auf dem Grünland eine Schwefeldüngung durchzuführen. Durch eine Düngung von Schwefel kann von einer Steigerung des Mengen und Qualitätsertrages ausgegangen werden. Allerdings wurden im ersten Versuchsjahr kaum eine Veränderung festgestellt. Dies ist aber auf den verwendeten Schwefeldünger (Sulfogüll) zurückzuführen. Dieser muss erst von den Mikroorganismen aufgeschlossen werden um von den Pflanzen aufgenommen werden zu können. Was oben beschrieben wurde, dass eine Schwefeldüngung nur für Schwefel zehrende Kulturen sinnvoll ist, stimmt somit nicht. Auch auf dem Grünland ist eine Schwefeldüngung sinnvoll und dies auch auf tiefgründigen Böden.

Was sehr auffallend war, ist die Tatsache dass der Ertrag bei einer Düngung von 30 kg/ha Schwefel sehr stark anstieg. Die Ertragsteigerung der nächsten 30 kg Schwefel lag nur noch bei 83 kg Trockenmasse. Diese Entwicklung kann man auf das Gesetz des abnehmenden Ertragszuwachses zurückführen. Doch interessanterweise war die Ertragssteigerung von 60

kg auf 90 kg Schwefel wieder höher. Die Ertragssteigerung zwischen 60 kg und 90 kg war 6,5-mal so hoch wie die Ertragssteigerung zwischen 30 und 60 kg/ha Schwefel. Diese Entwicklung widerspricht eigentlich dem Gesetz des abnehmenden Ertragszuwachses. Dieser Mehrertrag an Trockenmasse wurde aber auch nicht durch schlechtere Inhaltsstoffe relativiert.

Tabelle 11: Der Durchschnittliche Gehalt an Inhaltstoffe bei den verschiedenen Schwefeldüngungen

Parameter	Einheit	Schwefel				SEM	p
		0 kg/ha	30kg/ha	60kg/ha	90kg/ha		
NEL- Gehalt	g/kg TM	6,06	6,11	6,10	6,08	0,038	0,648
XF- Gehalt	g/kg TM	245,7	243,1	245,7	243,3	4,633	0,782
XL- Gehalt	g/kg TM	23,4	23,5	23,8	23,7	0,294	0,747
XP- Gehalt	g/kg TM	148	151	154	154	2,188	0,147
XX- Gehalt	g/kg TM	490	492	486	485	4,442	0,123

Die Inhaltsstoffe des Futters blieben weitgehend gleich, wie die Abbildung 22 und die Tabelle 11 veranschaulichen. Eine Schwefeldüngung ist somit für das Grünland eine sinnvolle Ergänzungsdüngung, die auch auf Biobetrieben angewendet werden kann. Die Schwefeldüngung hatte aber kaum Auswirkungen auf den Pflanzenbestand (Tabelle 12). Die einzigen Pflanzen die auf die Schwefeldüngung reagierten, waren das Englische Raygras und die Gemeine Rispe. Alle anderen waren statistisch nicht signifikant (Tabelle 12).

Tabelle 12: Auswirkungen durch die Schwefeldüngung auf den Bestand

Parameter	Einheit	Schwefel				SEM	p
		0 kg/ha	30kg/ha	60kg/ha	90kg/ha		
		LSMEAN	LSMEAN	LSMEAN	LSMEAN		
Englisches Raygras	Flächen-%	35,0	38,4	35,3	31,6	2,37	0,036
Gemeine Rispe	Flächen-%	11,3	10,8	13,0	9,9	1,32	<0,0001
Goldhafer	Flächen-%	6,0	6,0	5,5	6,0	0,98	0,841
Gräser	Flächen-%	89,8	89,0	89,0	89,7	1,227	0,909
Knautgras	Flächen-%	3,0	3,3	2,8	4,2	0,716	0,499
Kräuter	Flächen-%	5,8	5,0	4,3	6,2	0,605	0,063
Leguminosen	Flächen-%	3,3	5,0	5,8	4,0	0,907	0,134
Lücken	Flächen-%	1,3	0,8	1,0	0,2	0,373	0,142
Sonstige Gräser	Flächen-%	1,8	2,3	1,5	3,0	0,550	0,271
Wiesenfuchsschwanz	Flächen-%	27,0	22,1	22,8	25,4	2,625	0,251
Wiesenrispe	Flächen-%	5,8	6,2	8,3	9,5	1,653	0,180

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

5.1 Gülleversuch

Die Versuchsergebnisse geben Auskunft über die Auswirkungen von Milchsäure auf Rindergülle. Aus ihnen geht hervor dass Milchsäure ein geeignetes Mittel ist, um den pH-Wert zu stabilisieren und um das Redox-Potential weniger negativ zu gestalten. In der Praxis wäre der Einsatz von konzentrierter Milchsäure nicht relevant, da diese ganz einfach zu kostspielig wäre. Vielmehr würden sich milchsäure Produkte, die in der landwirtschaftlichen Produktion anfallen, als Güllezusatz anbieten. Solche milchsäuren Produkte wären zum Beispiel Molke oder Sauerkrautsaft. Diese haben auch den Vorteil das sie nicht all zu kostspielig sind. Jedoch haben diese den Nachteil der Aufwandsmenge, um ein vergleichbares Ergebnis zu erzielen müsste eine im Vergleich hohe Menge an milchsäuren Produkten aufwendet werden. In naher Zukunft wird die pH-Wert-Senkung der Gülle weiter an Bedeutung gewinnen, um Emissionen und Nährstoffverluste zu reduzieren. Und der Gedanke der Kreislaufwirtschaft wird immer wichtiger werden. Die Verwertung von milchsäuren landwirtschaftlichen Nebenprodukten wäre hierfür eine billige und interessante Alternative.

5.2 Schwefelversuch

Die Schwefeldüngung ist für Grünlandflächen als sinnvoll einzustufen und es ist von einer deutlichen Ertragssteigerung auszugehen. Die Schwefeldüngung sollte in Zukunft im Grünland stärker beachtet werden. Der Ertrag kann dadurch aber sehr wohl gesteigert werden und dies mit niedrigen Kosten. Wie in der

Tabelle 13 veranschaulicht, können die Kosten des Düngers leicht durch den Mehrertrag auf der Fläche wieder wett gemacht werden.

Tabelle 13: Wirtschaftlichkeit bei einer Schwefeldüngung von 90 kg pro ha und Jahr

90kg Schwefel/ha					
Ertrag			Kosten		
TM	1470	kg	Schwefel	90	kg
Heu 90% TM	1617	kg	Kosten /1kg Schwefel	1,65	kg
Geldwert 0,2€/kg/Heu	323,4	€	Kosten	148,5	€
Mehrertrag 174,9 € pro ha					

Tabelle 14: Wirtschaftlichkeit bei einer Schwefeldüngung von 60 kg pro ha und Jahr

60kg Schwefel/ha					
Ertrag			Kosten		
TM	927	kg	Schwefel	60	kg
Heu 90% TM	1020	kg	Kosten /1kg Schwefel	1,65	kg
Geldwert 0,2€/kg/Heu	203,9	€	Kosten	99	€
Mehrertrag 104,94€ pro ha					

Tabelle 15: Wirtschaftlichkeit bei einer Schwefeldüngung von 30 kg pro ha und Jahr

30kg Schwefel/ha					
Ertrag			Kosten		
TM	844	kg	Schwefel	30	kg
Heu 90% TM	928,4	kg	Kosten /1kg Schwefel	1,65	kg
Geldwert 0,2€/kg/Heu	185,7	€	Kosten	49,5	€
Mehrertrag 136,18€ pro ha					

Durch diese Ertragsteigerung können theoretisch auch mehr Tiere auf einem Betrieb gehalten werden. Tabelle 16 veranschaulicht, wie sich die Schwefeldüngung auswirkt. Ein Betrieb mit 5,21 ha kann durch die Schwefeldüngung eine Kuh mehr halten ohne Grundfutter zu kaufen zu müssen. Anders ausgedrückt können 0,19 Kühe pro ha mehr gehalten werden.

Tabelle 16: Bestandesvergrößerung durch Schwefeldüngung

Bestandesvergrößerungsvergleich					
Kuh	700	kg	Mehrertrag pro ha durch 90 kg Schwefel	1470	TM/kg
Futteraufnahme/Tag in %	3	%	benötigte ha pro Kuh	5,21	ha
Futteraufnahme /Jahr	7665	kg	mehr Kühe pro ha	0,19	Kühe

Literaturverzeichnis

Amon, B., Amon, T., Boxberger, J., & Alt, C. (2001a,b,c): Emissions of NH₃, N₂O and CH₄ from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (housing, manure storage, manure spreading). Nutrient cycling in Agroecosystems, 60(1-3), 103-113.

Bartussek H.; Lenz, V. Würzl, H. und Zortea, W. (2002): Rinderstallbau; 3. Völlig neu bearbeitete Auflage, Graz: Leopold Stocker Verlag; Seite: 151ff/213

Baumgarten, A., Dersch, G., Hösch, J., Spiegel, H., Freudenschuss, A., & Strauss, P. (2011): Bodenschutz durch umweltgerechte Landwirtschaft. In 3. Umweltökologisches Symposium.

BMLUFW (2017a,b): Richtlinien für die sachgerechte Düngung. Bundesministerium für Land-und Forstwirtschaft, Geschäftsstelle: Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Institut für Bodenwirtschaft. Wien.

Brown, L., Scholefield, D., Jewkes, E.C., Preedy, N., Wadge, K., Butler, M., (2000): The effect of sulphur application on the efficiency of nitrogen use in two contrasting grassland soils. The Journal of Agricultural Science 135, 131-138.

Buchgraber, K. und T. Wisenthaler (2014): Braucht das Grünland Schwefel. Der Fortschrittliche Landwirt Heft 12, S 20-21, Stocker-Verlag Graz.

Buchgraber, K. (2000) Wichtige Aspekte für die Bewertung des Grünlandes. Der Sachverständige, Wien: Linde Verlag Ges.m.b.H.

Buchgraber, K. (2017) Grünlandbewirtschaftung und Futterkonservierung, Landwirtschaftsmeisterkurs Steiermark, Eigenverlag Raumberg-Gumpenstein

Bundesministerium für Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (bmlfuw) Amlinger, F., Bäck, E., Buchgraber, K., Dachler, M., Dersch, G., (2006): Richtlinie für die Sachgerechte Düngung. Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft. 6. Auflage. BMLFUW, Wien.

Dong, H., Mangino, J., McAllister, T., & Have, D. (2006): Emissions from livestock and manure management. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

Hediger, W. (2004): Bestimmungsgründe und Entwicklung der landwirtschaftlichen Treibhausgas-Emissionen und Kohlenstoff-Senken in der Schweiz.

Lagerhaus, 2017. Homepage. Schwerpunkt-Düngersortiment (2017): <https://www.lagerhaus.at/duenger-sortiment+2500+2748044> (28.03.2017).

Ministerium für ein lebenswertes Österreich. (2017). Grüner Bericht

Ministerium für ein lebenswertes Österreich. (2016). Grüner Bericht

Ministerium für ein lebenswertes Österreich. (2014). Grüner Bericht

Moosbrugger, R. E., Wentzel, M. C., Ekama, G. A., & Marais, G. (1993): Weak acid/bases and pH control in anaerobic systems- A review. WATER SA-PRETORIA-, 19, 1-1.

Pöllinger, A.; Schupfer, F. und Zainer, J. (1999): Die Entmistung mittels Slalomsystem in der Rinderhaltung. Raumberg: Forschung

Schaffer,R. (2015-2017)a,b,c: Pflanzenbauskriptum, Raumberg: Schulsriptum

Schieder, D., Gronauer, A., Lebuhn, M., Bayer, K., Beck, J. Hiepp, G. Binder, S. (2010): Prozessmodell Biogas. Bayern Biogas Forum 2010 – 3. Online: (http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Prozessmodell_Biogas.pdf) (16.01.2017).

Starz, W, Pfister, R., Rohrer, H., (2014): Wirtschaftsdünger im Bio-Grünland-effizient lagern und ausbringen! Fachtagung für biologische Landwirtschaft. Internationale Bio-Forschungsergebnisse aus Core Organic II sowie Düngekonzepte im Bio-Grünland

Umweltbundesamt (2016): Emissionstrends 1990 – 2014. Ein Überblick über die Verursacher von Luftschadstoffen in Österreich (Datenstand 2016). Online: (<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0574.pdf>) (26.04.2017)

Zamg (20. 02 2018). https://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm. abgerufen

Zürcher F. (2009): Flüssige Hofdünger - Behandlungsverfahren und Zusätze. Interner Bericht Amt für Umwelt Appenzell Ausserrhoden, März 2009

