

Wirtschaftsdünger im Bio-Grünland - effizient lagern und ausbringen!

Walter Starz^{1*}, Rupert Pfister¹ und Hannes Rohrer¹

Zusammenfassung

Die Düngung nimmt in der Biologischen Landwirtschaft eine bedeutende Stellung ein. Ebenso ist die Behandlung der Wirtschaftsdünger eng mit der Entwicklung der Biologischen Landwirtschaft verbunden. Eine der häufigsten Behandlungsformen war und ist die Beimengung von Urgesteinsmehl zu festen und flüssigen Wirtschaftsdüngern.

In der vorliegenden Untersuchung wurden Gülle, Mist und Kompost von Milchvieh in 9 Varianten auf einem neu angesätem Dauergrünlandbestand angewendet. Im Rahmen einer randomisierten Blockanlage in 4-facher Wiederholung sollte der Einfluss der Düngerausbringungszeiten sowie die Behandlung mit Urgesteinsmehl getestet werden. Von jeder Wirtschaftsdüngerkomponente gab es 3 Varianten (2 Ausbringungstermine, 3-4 Ausbringungstermine und 3-4 Ausbringungstermine + Urgesteinsmehl). Die Düngermengen wurden aufgrund der Anfallsmengen bei einem Besatz von 1,2 GVE/ha unter Berücksichtigung der mengenmäßigen Lagerungsverluste (jeweils bei Gülle, Mist und Kompost) kalkuliert. Im Pflanzenbestand konnten keine Unterschiede zwischen den Wirtschaftsdüngerarten festgestellt werden. Die ausgebrachte Stickstoff-Düngermenge, bei einem Tierbesatz von 1,2 GVE/ha, erreichte bei Gülle 122 kg N/ha, bei Mist 101 kg N/ha und bei Kompost 76 kg N/ha. Den höchsten Mengenertrag von 11.162 kg TM/ha lieferte die Variante mit den zu vier Terminen ausgebrachten Gülle. Der Zusatz von Steinmehl in den Wirtschaftsdüngern zeigte, weder in der Zusammensetzung des Pflanzenbestandes noch in den Erträgen einen Effekt.

Schlagwörter: Gülle, Kompost, Mist, Biologische Landwirtschaft, Steinmehl

Summary

Fertilizing takes an important position in organic farming. As well treatment of the manure is closely associated with the development of organic farming. One of the most common forms of farm fertilizer treatment was and is the admixture of rock flour.

In this study slurry, manure and compost from dairy cattle were used in 9 variations on a newly sown meadow. In a randomized block design in four replications, the influence of fertilizer application times and the treatment with rock flour were tested. From each farm fertilizer 3 variants (2 applications, 3-4 applications and 3-4 application + rock flour) were used. The amount of farm fertilizer was calculated by 1.2 LU ha⁻¹ considering quantity storage losses (slurry, manure and compost).

No differences in botanical composition between used organic farm fertilisers were found. The fertilised nitrogen level, at a stocking rate of 1.2 LU ha⁻¹, achieved with slurry 122 kg N ha⁻¹, with manure 101 kg N ha⁻¹ and 76 kg compost N ha⁻¹. The highest dry matter yield of 11,162 kg DM ha⁻¹ was measured in the variant with four time slurry fertilisation. The addition of rock flour to the manure showed no effect, neither in the botanical composition nor in the harvested yields.

Keywords: slurry, compost, manure, organic farming, rock flour

Einleitung und Problemstellung

Die Wirtschaftsdünger sind die wichtigsten Düngerstoffe die ein Dauergrünlandbetrieb zur Verfügung hat. Österreichische Bio-Betriebe haben im Schnitt einen Viehbesatz von 1,3 GVE (BMLFUW 2013) je ha. Dies verdeutlicht, dass Wirtschaftsdünger am Bio-Betrieb nicht im Überfluss vorhanden sind. Daher ist ein überlegter Umgang bei Lagerung und Ausbringung notwendig.

Das Düngerverständnis in der Biologischen Landwirtschaft beruht nicht ausschließlich auf einer hauptsächlich direkten Pflanzenernährung mit leicht löslichen mineralischen Stoffen. Ein besonderes Augenmerk wird auf die Aktivierung des Bodens mit den wirtschaftseigenen Düngern gelegt. Dieses Verständnis steht nicht im Gegensatz zur Mi-

neralthorie sondern ergänzt diese und legt eine erweiterte Sicht darauf (Hermann und Plakolm, 1991). Darüber hinaus geht es auch um Fragen der Effizienz. Die Biologische Landwirtschaft versucht dabei die anfallenden Düngerstoffe optimal einzusetzen damit möglichst geringe Dünger von außen zugekauft werden müssen. Eine zentrale Rolle nehmen dabei der Boden und seine Prozesse ein. Gerade das System Boden-Pflanze-Düngung bildet den Hauptbaustein des Kreislaufprinzips der Biologischen Landwirtschaft.

Die Bodenforschung kennt heute viele wichtige Prozesse an denen die organische Substanz maßgeblich beteiligt ist. So ist beispielsweise die Bodenfauna, neben den Pflanzenwurzeln, der zentrale Schlüssel bei der Bildung des Krümelgefüges (Gisi et al., 1997) und damit der Struktur-

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, A-8952 Irdning

* Ansprechpartner: DI Walter Starz, walter.starz@raumberg-gumpenstein.at

bildung im Boden. Dabei beträgt der gesamte Anteil der organischen Substanz z.B. im Grünlandboden lediglich 7 Volums-% und davon haben die Bodenfauna und -flora einen durchschnittlichen Anteil von 5 Gewichts-% (Schroeder, 1992). Doch diese wenigen Prozentpunkte sind es die eine Lebendverbauung bewirken, aktiv organische Stoffe um- und aufbauen und mit den Pflanzenwurzeln direkt in Interaktion (z.B. Wurzelknöllchen oder Mykorrhiza) treten (Gisi et al., 1997). Ein weiterer wichtiger Schlüsselmechanismus im Boden ist die Interaktion zwischen den Pflanzenwurzeln und dem Bodenleben. So zeigt sich in Böden mit geringen Gehalten an mineralischem Stickstoff und gleichzeitig hohen Mengen an Kohlenstoffverbindungen, als Resultate von Wurzelauflösungen, eine hohe Aktivität der Mikroorganismen (Friedel, 2008). Durch das aktive Ausscheiden von Stoffen durch die Wurzel werden Bodenorganismen gezielt angelockt (Gisi et al., 1997), die wiederum durch Um- und Aufbauaktivitäten Stoffe bilden, die von den Wurzeln aufgenommen werden.

Die heute klassische Methode der Düngung beruht auf einem Bilanzansatz, der die Grundsätze der Liebig'schen Mineraltheorie berücksichtigt. Hierbei werden die Nährstoffe, die die Pflanze der Bodenlösung entzogen hat durch die Düngung ersetzt. Somit stehen die leicht löslichen Nährstoffe in der Bodenlösung im chemischen Gleichgewicht mit den Nährstoffen, die an Austauschoberflächen im Boden haften (Friedel, 2008). Diese Sichtweise der Mineraltheorie relativierte sogar Liebig im Laufe seines Lebens und betonte auch die Bedeutung des Bodens als Nährstofflager und -lieferant, sowie die Vollwertigkeit der organischen Düngung.

Das Düngerkonzept in der Biologischen Landwirtschaft wird wesentlich durch das Kreislaufprinzip geprägt, was ein zirkulieren von Nährstoffen am eigenen Betrieb bedeutet (Friedel, 2008). Bei der Düngung in der Biologischen Landwirtschaft steht die Fütterung der Bodenlebewesen im Vordergrund. Daraus ergibt sich das Konzept hauptsächlich organisch wirksame Dünger zu verwenden, die bodenverträglich aufbereitet und gelagert sowie in mehrmaligen kleinen Mengen ausgebracht werden. Dieses Düngerkonzept stellt keinen Gegensatz sondern ist als eine erweiterte Betrachtung zur Liebig'schen Mineraltheorie zu sehen. Trotzdem müssen Werte der Standardbodenanalyse und davon abgeleitete Düngerempfehlungen kritisch betrachtet werden, da die zu Grunde gelegten Grenzwerte aus gedüngten Hohertragssystemen entwickelt wurden (Paulsen, et al., 2009). Solche Höchsterträge können in der Biologischen Landwirtschaft kaum bis nicht erreicht werden und sind auch schwer mit den Grundsätzen der Kreislaufwirtschaft vereinbar. Das Bewirtschaftungsziel in der Biologischen Landwirtschaft ist die Erreichung des für den jeweiligen Standort optimalen Ertrages.

Eine seit den Anfängen der Biologischen Landwirtschaft häufig angewendete Form der Wirtschaftsdüngerherstellung ist die Behandlung mit Urgesteinsmehl. In der Biologischen Landwirtschaft wird unter Urgesteinsmehl eine Substanz verstanden, die aus einem silikatischem Gestein gewonnen wurde. Hierbei handelt es sich in erster Linie um Basalt oder Diabas (Gottschall, 1992). Urgesteinsmehl wird sehr fein vermahlen und besitzt dadurch eine sehr hohe Oberfläche. Bei Basalt kann durch die feine Vermahlung eine innere Oberfläche von ca. 8.000 m²/kg und bei Lava

von ca. 46.000 m²/kg entstehen. Dem Urgesteinsmehl werden folgende Eigenschaften zugeschrieben (Hermann und Plakolm, 1991):

- Rotte fördernd
- Ammoniak- und Geruchsbindung
- Spurenelementlieferant
- Bodenstruktur verbessernd
- Leguminosen fördernd

Zur Wirksamkeit des Urgesteinsmehls gibt es gegensätzliche Versuchsergebnisse. Daher kann einmal eine kurzfristige Wirkung fast ausgeschlossen werden (Gottschall, 1992). Es gibt Untersuchungen (Sachse, 1927) die z.B. die Kaliumaufnahmen in Pflanzen aus Urgesteinsmehl zeigen konnten und wieder andere die keine bis kaum Effekte durch das Urgesteinsmehl sahen (Sayedahmed, 1993, Schechtner, 1993). Die Wirkungsweise des Urgesteinsmehls dürfte wesentlich durch die Bodenart beeinflusst werden. Sandige Böden besitzen kaum Tonminerale wodurch die Effekte des Urgesteinsmehl auf solchen Böden sicherlich größer sind als auf ohnehin Tonmineralreichen lehmigen oder tonigen Böden (Hermann und Plakolm, 1991).

Für diesen Versuch (Laufzeit 2008-2012) wurden folgende Forschungsfragen definiert:

- Verändert sich der Grünlandpflanzenbestand beim Einsatz unterschiedlicher Wirtschaftsdüngerformen, Ausbringzeitpunkte oder Behandlungen?
- Wie wirkt sich die Düngerform, unterschiedliche Ausbringungstermine sowie eine Behandlung mit Urgesteinsmehl für die Erträge und Qualitäten der Wiese aus?

Die Untersuchung sollte unterschiedliche Düngungsmethoden bewerten und daraus Konsequenzen für eine Verbesserung im Wirtschaftsdüngermanagement für die Praxis bewerten und ableiten.

Material und Methoden

Standort

Der Versuch wurde auf einer Dauergrünlandfläche am Bio Lehr- und Forschungsbetrieb der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in Pürgg-Trautenfels von 2008-2012 durchgeführt. Die Versuchsfläche wies folgende Standorteigenschaften auf:

- Breite 47° 30' 52,48" N, Länge: 14° 03' 50,35" E;
- 740 m Seehöhe,

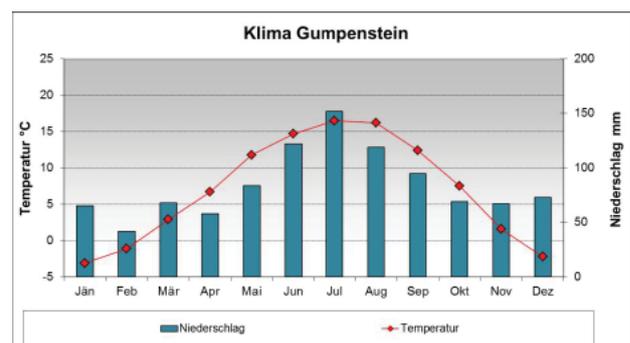


Abbildung 1: Langjähriges Mittel (1971-2000) des Klimas

Tabelle 1: Zusammensetzung der Saatgutmischung

Art	Lat. Name	Sorte/Herkunft	Fl.%	Gew. %
Knautgras	<i>Dactylis glomerata</i>	Tandem/A	10	7,9
Timothe	<i>Phleum pratense</i>	Tiller/NL	10	7,9
Wiesenfuchsschwanz	<i>Alopecurus pratensis</i>	Gulda/A	4	4,7
Goldhafer	<i>Trisetum flavescens</i>	Gunther/A	5	3,9
Englisches Raygras	<i>Lolium perenne</i>	Guru/A	10	9,8
Wiesenrispengras	<i>Poa pratensis</i>	50% Monopoly/NL	15	17,7
		50% Lato/D	10	11,8
Rotschwingel	<i>Festuca rubra rubra</i>	Echo/DK	12	14,2
Kammgras	<i>Cynosurus cristatus</i>	Crystal/A	8	9,4
Hornklee	<i>Lotus corniculatus</i>	Oberhaunstädter/D	5	3,9
Weißklee	<i>Trifolium repens</i>	Klondike/DK	8	6,3
Wiesenrotklee/Schneeklee	<i>Tripolium pratense ssp. nivale</i>	Ökotyp/A	3	2,4
Kräuter (Zusatz von 1 kg der Mischung)				
Spitzwegerich	<i>Plantago lanceolata</i>	Ökotyp/A		15
Kümmel	<i>Carum carvi</i>	Ökotyp/A		10
Kleine Bibernelle	<i>Pimpinella saxifraga</i>	Ökotyp/A		10
Rauher Löwenzahn	<i>Leontodon hispidus</i>	Ökotyp/A		10
Wiesenpippau	<i>Crepis biennis</i>	Ökotyp/A		5
Wilde Möhre	<i>Daucus carota</i>	Ökotyp/A		20
Wiesensalbei	<i>Salvia pratensis</i>	Ökotyp/A		20
Wiesenmargerite	<i>Leucanthemum vulgare</i>	Ökotyp/A		10
Aussaatmenge: 27,4 kg/ha				

Versuchsdesign

Die Versuchsfläche wurde im Spätsommer 2006 mit dem Pflug umgebrochen und danach das Saatbett mit der Kreiselegge fein vorbereitet. Als Saatmethode wurde eine Übersaat als Breitsaat mit anschließendem anwalzen des Saatgutes mittels Kontaktwalze durchgeführt. Für die Übersaat wurde eine eigene Saatgutmischung zusammengestellt (siehe Tabelle 1). 2007 wurde die gesamte Fläche einheitliche bewirtschaftet und drei Schnitte durchgeführt. Nach jedem Schnitt wurden 15 m³ Gülle gedüngt. Damit sollte eine einheitliche Ausgangssituation geschaffen werden und die

Tabelle 2: Bezeichnung der 9 Varianten im Versuch

Variante	Behandlung
Variante 1	Gülle 2 Gaben
Variante 2	Gülle 4 Gaben
Variante 3	Gülle 4 Gaben + Steinmehl
Variante 4	Mist 2 Gaben
Variante 5	Mist 3 Gaben
Variante 6	Mist 3 Gaben + Steinmehl
Variante 7	Kompost 2 Gaben
Variante 8	Kompost 4 Gaben
Variante 9	Kompost 4 Gaben + Steinmehl

Neuansaat sollte sich ein Jahr lang gut entwickeln können, bevor mit dem Versuch und der Einteilung der Parzellen begonnen wurde.

Der Versuch wurde als 2-faktorielle, randomisierte Blockanlage angelegt. Dabei bildete die Düngerform (Gülle, Rottemmist und Mistkompost) einen Faktor und die Behandlung bzw. Ausbringungshäufigkeit (2 Ausbringtermine = Faktor **schlecht**, 3-4 Ausbringtermine = Faktor **gut** und 3-4 Ausbringtermine + Zugabe von Steinmehl aus Diabas = Faktor **Steinmehl**) den zweiten Faktor (siehe Abbildung 2 und Tabelle 2).

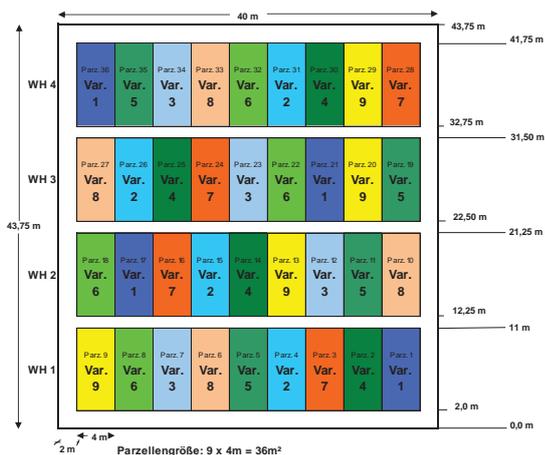


Abbildung 2: Darstellung der 2-faktoriellen, randomisierten Blockanlage sowie die einzelnen Parzellen und Varianten

- 7 °C Ø Temperatur,
- 1014 mm Ø Jahresniederschlag;
- 132 Frost- (< 0 °C) und 44 Sommertage (≥ 25 °C)

Der Bodentyp der Versuchsfläche ist ein Braunlehm von mittlerer Gründigkeit. Der pH-Wert des Bodens liegt bei durchschnittlich 6,5, der Humusgehalt bei 10,5 % und der Tongehalt bei 11,4 %.

Pflanzenbestand und LAI

Für den Versuch wurde eine Neuanlage gewählt, damit mögliche Veränderungen im Pflanzenbestand beobachtet werden können. Ebenso wurde eine Kräutermischung (siehe Tabelle 1) zugesetzt, damit von Beginn an ein einheitlicher Kräuterbesatz vorherrscht und nicht größere Kräutermengen aus dem Samenvorrat des Bodens unkontrolliert auflaufen.

Die Entwicklung der Pflanzenbestände wurde zum ersten Schnitt in den Jahren 2008, 2010 und 2014 mit Hilfe der Flächenprozentschätzung dokumentiert. Es wurde dafür die wahre Deckung (Schechtner, 1957) erhoben. Bei der wahren Deckung handelt es sich um jene Fläche, die von der Pflanzenbasis eingenommen wird.

Der Blattflächenindex bzw. LAI (leaf area index) beschreibt eine Verhältniszahl zwischen der Einstrahlung der Sonne über dem Bestand und jener Einstrahlung auf den Sondenmesspunkten. Beispielsweise bedeutet ein LAI von 1, dass 1 m² Bodenoberfläche genau von 1 m² Blattmasse bedeckt wird. Vor den Schnitten wurde die Messung des LAI mit dem Gerät AccuPAR LP-80 in drei Bestandeshöhen (0, 10 und 20 cm) vorgenommen.

Düngung und Nährstoffbilanzierung

Für diese Untersuchung wurde ein durchschnittlicher Österreicherischer Bio-Betrieb mit einem Tierbesatz von 1,2 GVE/ha (durchschnittlicher Viehbesatz auf Bio-Betrieben im Jahr der Versuchsplanung 2007) angenommen. Daraus

wurde die vorhandene Düngermenge für einen Betrieb mit Gülle, Festmist oder Mistkompost berechnet. Die dafür kalkulierten Düngeranfallsmengen wurden dem Tabellenwerk der Richtlinien für die Sachgerechte Düngung (BMLFUW, 2006) entnommen. Die Basis für die Berechnung legten die Tiergruppe Milchkühe (6.000 kg Milch) mit 11,8 m³ Gülle und 9,85 m³ Mist (Mittelwert aus Mist und Tiefstallmist, da der verwendete Mist strohreich war) je Stallplatz und 6 Monate. Nun wurden die Werte auf ein Jahr und einem Besatz von 1,2 GVE/ha hochgerechnet. Bei der Gülle wurde der Wert verdoppelt, da eine 1:1 mit Wasser Verdünnung verwendet wurde und beim Mist wurde ein Trockenmassewert von 22 % unterstellt (siehe Tabelle 3). Die Substanzverluste der Wirtschaftsdünger wurden aus vorangegangenen Untersuchungen (Buchgraber und Resch, 1996, Pöllinger, 2004) herangezogen. In einem weiteren Schritt wurde unterstellt, dass einmal die Wirtschaftsdünger zu mehreren Zeitpunkten in der Vegetationsperiode ausgebracht wurden und in einem anderen Fall zu lediglich 2 Zeitpunkten. Wie die berechneten Dünger aufgeteilt wurden zeigt Tabelle 4. Die Gülle wurde im Winter in Behälter abgefüllt und über den Sommer schattig und kühl gestellt. Für die Behandlungsvariante wurde ein Urgesteinsmehl aus Diabas verwendet und 30 kg/m³ in die Gülle eingerührt. Der Mist wurde nach dem Ausmisten (definierte Sammlung im Milchviehstall bei 28 Tieren auf 120 m² und 400 kg Stroh über 4 Tage pro Miete) in 4 Mieten aufgesetzt. 2 Mieten wurden während der Mistsammlung mit 80 kg Urgesteinsmehl (fein vermahlender Diabas) versetzt. Die Kompostmieten wurden 4-5 Mal mit einem Kompostwender, vor der erstmaligen Düngung, umgesetzt. Für jede der 9 Varianten wurde eine Bilanz für die Hauptnährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) errechnet. Dabei wurden die Entzüge aus den drei Schnitten den zugeführten Düngermengen gegenübergestellt und die Bilanzen für die drei Hauptnährstoffe errechnet.

Erträge und Inhaltstoffe

Die Beerntung der Parzellen erfolgte in allen Varianten am selben Tag und wurde mittels Einachsmäher bei einer Schnitthöhe von 7 cm durchgeführt. Die Versuchsfläche wurde als 3-schnittige Wiese geführt. Vom Erntegut wurde

Tabelle 3: Errechnete Düngermengen je nach verwendetem Düngersystem

bei 1,2 GVE	Gülle 1:1 verdünnt in m ³ /Jahr	Stallmist in kg TM/Jahr	Mistkompost in kg TM/Jahr
Düngeranfall	56,6	6241	6241
Lagerungsverluste	2,2%	33,3%	42,1%
nach Abzug Verluste	55,4	4163	3614

Tabelle 4: Aufteilung der Düngermengen zu den einzelnen Terminen

Variante	Dünger	Einheit	Frühling	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt
1	Gülle		30	0	0	25,4
2	Gülle	m ³ /ha	12	15	15	13,4
3	Gülle		12	15	15	13,4
4	Mist		1388	0	0	2775
5	Mist	kg TM/ha	1041	1041	0	2081
6	Mist		1041	1041	0	2081
7	Kompost		1205	0	0	2409
8	Kompost	kg TM/ha	903	903	903	904
9	Kompost		903	903	903	904

aus einer Doppelprobe der Trockenmassegehalt bestimmt. Dazu wurde die Frischmasse bei 105 °C über 48 Stunden getrocknet. Zur Bestimmung des Futterwertes wurde der restliche Teil der Probe schonend bei 50 °C schonend getrocknet. Danach wurde das Dürrfutter gemahlen und zur weiteren Bearbeitung an das chemische Labor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein weitergeleitet. Hier wurden eine Weender Analyse sowie die Untersuchung der Gerüstsubstanzen, Mineralstoffe und Spurenelemente durchgeführt. Aus den Rohnährstoffen wurde mit Hilfe einer Regressionsformeln (Gruber et al., 1997) der Energiegehalt in MJ Nettoenergie-Laktation (NEL) errechnet.

Statistik

Die statistische Auswertung der normalverteilten und varianzhomogenen Residuen der Daten erfolgte mit dem Programm SAS 9.4 nach der MIXED Prozedur (Fixe Effekte: Düngerform, Ausbringhäufigkeit bzw. Behandlung, Versuchsjahr sowie die Wechselwirkungen; bei der Auswertung der 3 Schnittzeitpunkte bildete der Termin einen weiteren Faktor, als random wurden die Wiederholung und die Spalten des Versuche sowie bei der Auswertung der Termine zusätzlich noch die Wechselwirkung der beiden angenommen) auf einem Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$.

Bei der Darstellung der Ergebnisse werden als Least Square Means (LSMEANS) sowie der Standardfehler (SEM) und die Residualstandardabweichung (s_e) angegeben. Die paarweisen Vergleiche der LSMEANS wurden mittels Tukey-Test vorgenommen und signifikante Unterschiede mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben gekennzeichnet.

Ergebnisse und Diskussion

Wetter

Im Versuchszeitraum lagen die Jahresniederschläge im langjährigen Mittel. Lediglich in den Jahren 2009 und 2012 wurden Niederschlagssummen über dem Mittel gemessen (siehe Tabelle 5).

Ein deutlich unterschiedlicheres Bild zeigten die Niederschlagsmengen während der Vegetationsperiode. Hier war das Jahr 2008 am trockensten und 2012 hatten die Grünlandpflanzen während der Wachstumszeit die meisten Niederschläge mit 920 mm.

Die Jahresdurchschnittstemperatur lag in allen Jahren, teilweise deutlich, über dem langjährigen Mittel für den Standort.

Pflanzenbestand und LAI

Die Auswertung der Bonitur des Pflanzenbestandes im Jahr 2014 sollte mögliche Veränderungen des Pflanzenbestandes darstellen. Da alle Varianten gleich oft und immer zum selben Zeitpunkt geschnitten wurden wäre eine Veränderung in der Zusammensetzung des Pflanzenbestandes ein Ergebnis der unterschiedlichen Wirtschaftsdüngerarten (Gülle, Kompost, Mist). Wie aus Tabelle 6 ersichtlich konnten keine Unterschiede zwischen den verwendeten Wirtschaftsdüngern beobachtet werden. In einer weiteren

Tabelle 5: Jahres-Niederschläge und Niederschläge während der Vegetationszeit sowie die jährliche Durchschnittstemperatur in den Versuchsjahren.

Parameter	Einheit	2008	2009	2010	2011	2012
Niederschlagssumme	mm	987	1132	988	981	1261
Niederschlag in der Vegetationszeit	mm	665	824	795	805	920
Temperaturmittel	°C	8,9	8,6	7,7	8,8	8,5

Versuch des Bio-Instituts (Angeringer et al., 2011) wurde die Entwicklung von Pflanzenbeständen, bei unterschiedlicher Schnitthäufigkeit und bei Gülle- und Mistdüngung, dokumentiert. In diesem Versuch konnten ebenfalls keine Einflüsse durch die Wirtschaftsdüngerart festgestellt werden, sehr wohl aber bei der Nutzungsintensität. Die Anzahl der Nutzungen im Dauergrünland dürfte somit den weitaus größeren Einfluss auf mögliche Veränderungen haben.

Da zwischen den Varianten keine Unterschiede festgestellt wurden zeigt Abbildung 3 die Veränderung über die Jahre. Bei Neuansaat treten in den ersten Jahren nach der Saat natürliche Sukzessionsprozesse stark in Erscheinung. Dieser Prozess ist auch bei Nachsaaten in lückigen Beständen feststellbar und trat auch in anderen Untersuchungen auf (Graiss et al., 2008).

Deutlich erkennbar ist die Zunahme von Wiesenfuchsschwanz (*Alopecurus pratensis*) im Jahr 2010. Jedoch gingen die Anteile mit den Jahren wieder zurück. 2014 konnten nur mehr 10 Flächenprozent festgestellt werden. Dasselbe Bild zeigte auch der Goldhafer (*Trisetum flavescens*). Auch die restlichen Grasarten wie Knaulgras (*Dactylis glomerata*) Wiesenschwingel (*Festuca pratensis*), Kammgras (*Cynosurus cristatus*) und Wiesenlischgras (*Phleum pratense*). Diese Grasarten kommen langfristig mit den 3-Schnitten nicht gut zurecht, da eine natürliche Versamung zum ersten Aufwuchs nicht mehr möglich ist. Der erste Schnitt erfolgt weit vor der Samenreife dieser Grasarten. Stark zugenommen hat das Englische Raygras (*Lolium perenne*) und erreichte mit 30 Flächenprozent sehr hohe Anteile für einen Standort knapp unter 800 m Seehöhe.

Der Winter 2013/2014 war sehr mild und es gab kaum Schnee. Diese Bedingung war für das Englische Raygras sehr günstig, da ein Schneeschimmelbefall keine Gefahr darstellte. Leicht zugenommen hat auch die Gemeine Rispse (*Poa trivialis*). Dieses oberflächlich dahin kriechende und verfilzende Gras stellt mit 10 % noch kein größeres Problem dar, muss aber im Auge behalten werden, wenn wichtige Grasarten

weiter zurückgehen. Gerade die Entwicklung vom Englischen Raygras muss beobachtet werden, da ein Winter mit einer langen geschlossenen Schneedecke den Anteil sehr stark reduzieren könnte.

In Abbildung 3 zeigt sich ebenfalls ein gleichmäßiger Besatz an Weißklee (*Trifolium repens*). Dagegen nahmen die restlichen Leguminosen sehr stark ab. Rotklee (*Trifolium pratense*) und Hornklee (*Lotus corniculatus*) waren in der Einsaatmischung enthalten und konnten sich zu Beginn gut entwickeln. Für beide Arten ist eine 3-Schnittnutzung zu viel und daher verlieren sie an Bedeutung.

Unauffällig verhielten sich die Kräuter in diesem Versuch. Der vielfach als Problempflanze des Bio-Dauergrünlandes dargestellte Stumpflättrige Ampfer (*Rumex obtusifolius*) nahm bei keiner Bonitur hohe Deckungswerte ein und spielte mit 2-3 Flächenprozent eine geringe Bedeutung. Auch hier zeigte die Wirtschaftsdüngerart keinen Effekt auf eine Zu- bzw. Abnahme an Stumpflättrigen Ampfer.

Im Schnitt wurden hohe Werte beim Blattflächenindex (LAI) erreicht (siehe Tabelle 7) wobei die mit Gülle gedüngten Varianten die signifikant höchsten LAI-Werte erreichten. Ebenfalls die höchsten LAI-Werte erreichten die oftmals ausgebrachten Düngervarianten (=gut) sowie die oftmals ausgebrachten und mit Steinmehl behandelten Parzellen (=Steinmehl).

Vom ersten zum dritten Schnitt nahmen die LAI-Werte in

Tabelle 6: Zusammensetzung des Pflanzenbestandes zum ersten Schnitt im Jahr 2014 bei Gülle, Kompost und Mist Düngung

Arten/Artengruppen	Gülle	Kompost	Mist	SEM	p-Wert	s _e
Lücke	1	1	1	0,2	0,9848	0,4
Gräser	77	77	77	0,8	0,4798	1,5
Englisches Raygras	31	30	31	2,4	0,6842	1,8
Gemeine Rispse	11	10	10	0,5	0,7975	1,6
Goldhafer	6	7	6	1,3	0,3724	1,3
Wiesen-Fuchsschwanz	9	10	10	2,6	0,6309	1,5
Restliche Gräser	20	20	20	0,7	0,9900	2,4
Leguminosen	12	11	11	0,8	0,3257	1,6
Weißklee	11	10	10	0,9	0,1083	1,6
Restliche Leguminosen	1	1	1	0,2	0,1534	0,6
Kräuter	10	11	11	0,3	0,5896	0,9
Stumpflättriger-Ampfer	2	2	3	0,2	0,2225	0,7
Restliche Kräuter	8	9	8	0,2	0,2157	0,7

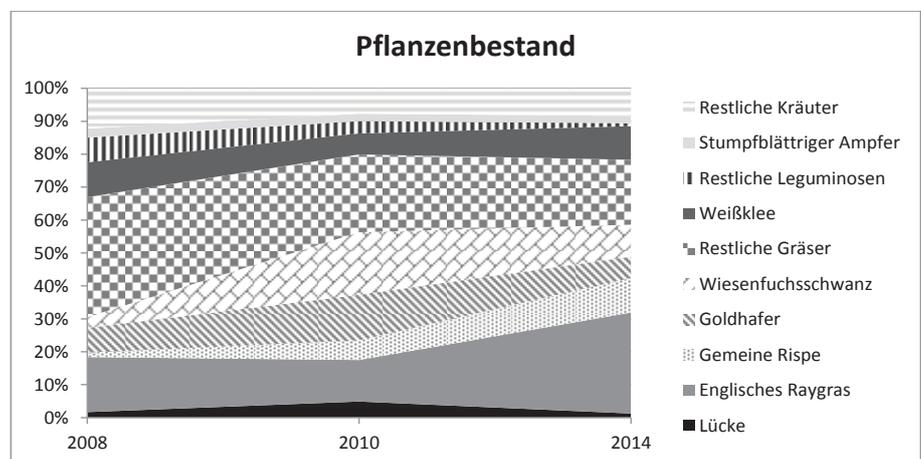


Abbildung 3: Veränderung des Pflanzenbestandes während des Zeitraumes 2008-2014 im Mittel aller Parzellen

Tabelle 7: Blattflächenindex im Schnitt für den Faktor Wirtschaftsdüngerart und Anwendung bzw. Behandlung

Bestandes- höhe	Einheit	Gülle	Kompost	Mist	SEM	p-Wert	Gut	Schlecht	Stein- mehl	SEM	p-Wert	s _e
0 cm	m ² /m ²	4,7 ^a	4,5 ^b	4,5 ^b	0,1	0,0033	4,6 ^{ab}	4,5 ^b	4,7 ^a	0,1	0,0109	0,5
10 cm	m ² /m ²	3,1 ^a	2,9 ^b	3,0 ^{ab}	0,1	0,0341	2,9 ^b	2,9 ^b	3,2 ^a	0,1	0,0016	0,5
20 cm	m ² /m ²	1,7 ^a	1,5 ^b	1,6 ^{ab}	0,1	0,0007	1,6 ^a	1,6 ^a	1,7 ^a	0,1	0,0768	0,4

allen Bestandeshöhen annähernd linear zu (siehe Abbildung 4). Dies zeigt, dass die Bestände im Vegetationsverlauf immer blattreicher wurden und zum dritten Aufwuchs mit 5,4 sehr hohe LAI Werte erreichten.

Düngermengen

In Tabelle 8 sind die tatsächlich ausgebrachten Stickstoff-, Phosphor- und Kaliummengen in kg/ha für die drei Wirtschaftsdüngerarten dargestellt. Auffallend ist die markante Abstufung beim Stickstoff von annähernd 25 kg/ha abfallend von Gülle über Mist zu Kompost. Die Hauptursache dafür ist in den stickstoffförmigen Verlusten während der Lagerung zu suchen. Dagegen waren die Mengen an zugeführten Phosphor in den festen Wirtschaftsdüngern mit 5-7 kg/ha höher als in der Gülle. Gasförmige P-Verluste treten während der Lagerung kaum auf und durch das Stroh kommt zusätzlich P auf den Betrieb. Stroh besitzt andererseits aber größere Kaliummengen. Daher überrascht das Ergebnis im ersten Moment, dass gerade Kompost und Mist die geringsten K-Mengen bereitstellten. K wird im Körper der Säugetiere in erster Linie über die Nieren ausgeschieden und befindet sich daher in den Wirtschaftsdüngern in den flüssigen Phasen. Sowohl Mist als auch Kompost wurden für diesen Versuch in praxisüblichen Feldmieten aufgesetzte. Dadurch wird aber verdeutlicht, wie hoch die Sickersaftverluste während dieser Lagerzeit sind, da Kalium so gut wie nicht gasförmig entweicht. In diesen Sickersäften sind aber auch leicht lösliche N-Verbindungen enthalten, die sich konzentriert unter der Lagerstätte ansammeln. Daher macht die gesetzlichen Regelung zur jährlichen Wechselung des Standortes der Feldmiete durchaus Sinn. Die beste Lösung für die Lagerung fester Wirtschaftsdünger wäre auf einer befestigten Platte, die mit einem Abfluss in eine Sammelgrube ausgeführt ist.

Da die Konzentrationen an N, P und K in den Wirtschaftsdüngern Schwankungen unterlegen sind ergeben sich jährliche Schwankungen in den ausgebrachten Düngermengen je Wirtschaftsdüngerart (siehe Tabelle 9). Solche Schwankungen in Stallmist und Mistkompost konnten bereits in Langzeitversuchen an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Pöllinger, 2004) festgestellt werden.

Die N-Flächenbilanzen spiegeln die unterschiedlichen Ausbringungsmengen der Düngerarten wieder (siehe Abbildung 5). Alle Hauptnährstoffe weisen negative Flächenbilanzen auf. Dies liegt hauptsächlich an den sehr hohen Mengenerträgen (knapp über 10.000 kg/ha) auf der Fläche. Bei der Bilanz des N ist hier nicht berücksichtigt, wieviel der geernteten N-Menge aus der N-Fixierung stammt. Trotzdem zeigt sich, dass das System Gülle die geringste negative Bilanz aufweist, was auch beim K der Fall ist. Anders verhält es sich beim P. Hier war die Bilanz zwar deutlich weniger stark negativ als bei N und K. Das System Gülle hatte mit -22 kg/ha und Jahr die negativste Bilanz. Nun darf aber nicht davon ausgegangen werden, dass jedes Jahr diese Stoffe

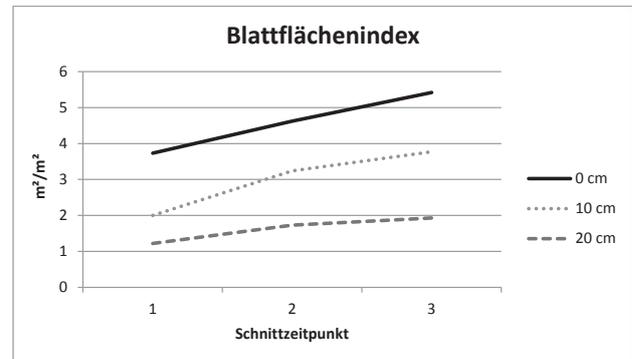


Abbildung 4: Verlauf des LAI vom 1. bis zum 3. Schnitt in den drei Bestandeshöhen

Tabelle 8: Tatsächlich ausgebrachte N-, P- und K-Mengen über die Wirtschaftsdünger

Art	Einheit	2009	2010	2011	2012
N-Zufuhr Gülle	kg/ha	128	124	129	139
P-Zufuhr Gülle	kg/ha	28	27	26	27
K-Zufuhr Gülle	kg/ha	137	145	133	130
N-Zufuhr Kompost	kg/ha	77	76	68	83
P-Zufuhr Kompost	kg/ha	34	26	28	42
K-Zufuhr Kompost	kg/ha	84	76	80	89
N-Zufuhr Mist	kg/ha	118	105	102	105
P-Zufuhr Mist	kg/ha	39	41	30	29
K-Zufuhr Mist	kg/ha	104	114	78	95

Tabelle 9: N-, P- und K-Düngermengen in den Versuchsjahren 2009-2012

Nährstoff	Einheit	Gülle	Kompost	Mist
N-Zufuhr	kg/ha	122	76	101
N-Abfuhr	kg/ha	230	226	226
P-Zufuhr	kg/ha	25	30	32
P-Abfuhr	kg/ha	44	44	44
K-Zufuhr	kg/ha	134	80	100
K-Abfuhr	kg/ha	218	204	204

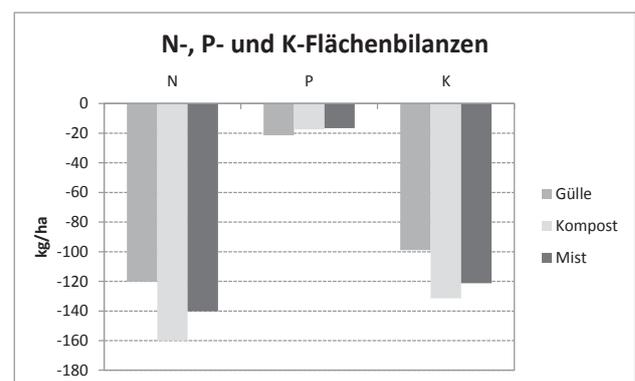
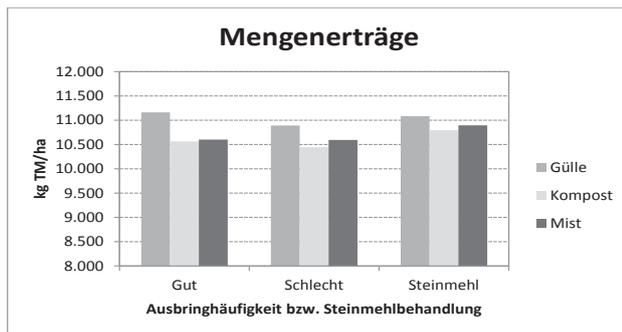


Abbildung 5: Flächenbilanzen der drei Hauptnährstoffe

Tabelle 10: Mengen- und Qualitätserträge je nach Wirtschaftsdüngerart sowie die Ausbringhäufigkeit und Behandlung mit Steinmehl

		Gülle	Kompost	Mist	SEM	p-Wert	Gut	Schlecht	Steinmehl	SEM	p-Wert	s _e
TM-Ertrag	kg/ha TM	11045 ^a	10599 ^b	10695 ^b	160	0,0001	10775 ^{ab}	10642 ^b	10921 ^a	160	0,0401	541
Energie-Ertrag	MJ NEL/ha TM	62500 ^a	60200 ^b	60784 ^b	781	0,0017	61167	60503	61813	782	0,1450	3395
XP-Ertrag	kg/ha TM	1438	1414	1413	25,0	0,4259	1435	1397	1433	25	0,1509	114

**Abbildung 6: Flächenenerträge je nach Häufigkeit der Düngerausbringung bzw. der Behandlung mit Steinmehl für jede Wirtschaftsdüngerart****Tabelle 11: Mengenerträge in den einzelnen Versuchsjahren für die jeweilige Düngerart**

Düngerart	Einheit	2008	2009	2010	2011	2012
Gülle	kg/ha TM	10522	11776	11968	10155	10802
Kompost	kg/ha TM	10615	11563	10824	9887	10105
Mist	kg/ha TM	10948	11535	11015	10039	9938

Tabelle 12: Konzentrationen der Inhaltsstoffe Rohprotein (XP) und Rohfaser (XF) sowie der Energie für die drei Wirtschaftsdüngerarten

Inhaltsstoff	Einheit	Gülle	Kompost	Mist	SEM	p-Wert	s _e
Energie	MJ NEL /kg TM	5,66	5,69	5,68	0,02	0,4315	0,16
XP	g/kg TM	133	135	135	1	0,1000	10
XF	g/kg TM	290	287	286	2	0,0849	15

so weiter entzogen werden. Mit der Zeit würden bei einer geringeren Bereitstellung von P und K im Boden einmal der Ertrag zurückgehen und sich die Bilanzen gegen 0 bewegen. K ist in der Regel in den mineralischen Böden in sehr großen Vorräten vorhanden. Beim P müssen die Bilanzen aber gut im Auge behalten werden, da hier die Vorräte in den mineralischen Grünlandböden deutlich geringer sind. Die Vorräte in einem durchschnittlichen mineralischen Grünlandboden werden laut Literatur (Dietl und Lehmann, 2004) mit 40.000-60.000 kg/ha für K und 2.000-4.000 kg/ha für P angegeben.

Erträge und Inhaltsstoffe

Die höchsten Mengenerträge erreichte bei der Wirtschaftsdüngerart die mit Gülle gedüngten Varianten (siehe Tabelle 10). Den höchsten Ertrag von 11.162 kg TM/ha erreichte jene Variante mit der viermaligen Ausbringung der Gülle. Generell lag der Ertrag bei den öfters ausgebrachten Düngern (gut sowie Steinmehl) höher als bei Varianten mit den zweimaligen Düngerausbringzeiten (schlecht, siehe Tabelle

10 und Abbildung 6). In einer Bayrischen Untersuchung (Diepolder, 2006) konnte auch eine Ertragssteigerung am selben Standort beobachtet werden. Hier erzielten jene Bestände höhere Erträge, die zu mehreren Terminen mit Gülle gedüngt wurden. In diesem Versuch wurden die Düngermengen aber nicht aufgeteilt sondern bei jedem Düngetermin kamen 20 m³/ha zur Anwendung. In diesem Fall dürfte die höhere ausgebrachte Stickstoffmenge, in den öfters gedüngten Varianten, der Haupteinflussfaktor für die Ertragssteigerung sein. Der Zuschlag von Steinmehl führte zu keiner Ertragssteigerung in dieser Untersuchung. Ebenso konnte nicht beobachtet werden dass die N-Verluste während der Lagerung geringer ausfielen. In der Literatur wird beschrieben, dass die Effekte von Steinmehl auf nicht sandigen Böden gering sind (Hermann und Plakolm, 1991). Auf lehmigen Standorten, wie es der Boden in dieser Untersuchung war, sind bereits viele Tonminerale im Boden vorhanden und eine weitere Zufuhr über Steinmehl dürfte hier wenig effektiv sein.

Dasselbe Bild wie die Mengenerträge zeigten auch die Energieerträge (siehe Tabelle 10). Auch in diesem Fall hatte die Gülledüngung die höchsten Erträge an Netto-Energie-Laktation (NEL). Bei den Eiweißerträgen (XP-Ertrag) wurden jedoch keine signifikanten Unterschiede mehr gemessen.

In Tabelle 11 sind die Erträge der drei Wirtschaftsdüngerarten in den fünf Versuchsjahren dargestellt. Bis auf das erste Jahr 2008 waren die Erträge in den mit Gülle gedüngten Varianten immer am höchsten. Betrachtet man in allen drei Wirtschaftsdüngerarten den Trend über die Jahre so lässt sich erkennen, dass die Erträge bei Gülledüngung in der Tendenz konstant bleiben. Hingegen kommt es bei den beiden festen Wirtschaftsdüngerarten Kompost und Mist tendenziell zu leicht sinkenden Erträgen. Hier dürfte sich schon ein Prozess der Konsolidierung einstellen, hervorgerufen durch die geringeren N-Düngermengen (siehe Tabelle 8).

Sowohl bei der Energie als auch den Gehalten an Rohprotein und Rohfaser, wurden zwischen den Düngervarianten keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Die Konzentrationen an Energie und XP waren in allen Varianten eher niedrig, da es sich hier um die Inhaltsstoffe des frischen Grünfutters handelt. Dagegen sind die XF Gehalte mit 29 % sehr hoch. Betrachtet man nun den Verlauf von Energie und XF während des Jahresverlaufes (siehe Abbildung 7) so fällt deutlich die hohen XF Gehalte von über 30 % zum 1. Schnitt auf. Dieser Gehalt wurde über alle Varianten hinweg gemessen. Der Hauptgrund dafür liegt in der Zusammensetzung des Pflanzenbestandes. Eine wichtige Grasart bildete der Wiesenfuchsschwanz. Dieses Gras ist sehr frühreif und bildet als Obergras zum ersten Aufwuchs sehr hohe und zahlenmäßig viele Samentriebe. Diese führen zu diesen hohen XF-Werten im 1. Schnitt. Aber auch in den Folgeschnitten waren die

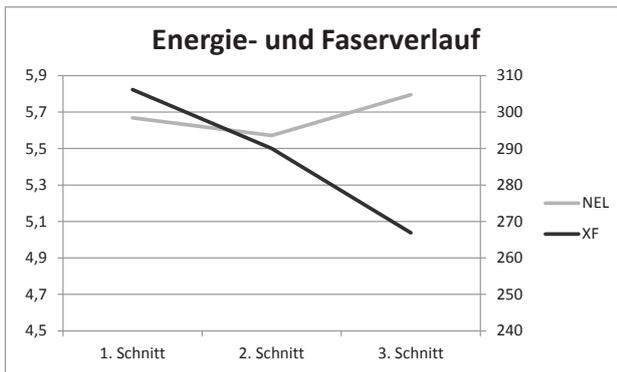


Abbildung 5: Verlauf der Energiekonzentration und der Gehalte an Rohfaser vom 1. bis zum 3. Schnitt über alle Varianten hinweg.

Rohfasergehalte zu hoch und die Energie zu gering für ein Grundfutter für laktierende Tiere. Damit mit dieser Futterqualität eine Milchleistung bei Kühen von 4.500-5.000 kg möglich wäre müsste mit Kraftfutter ergänzt werden. Dieses Leistungsniveau sollte aber in der Regel aus dem Grundfutter ermolken werden.

Die Ergebnisse der Futterinhaltsstoffe in diesem Versuch zeigen auf, dass bei der bestehenden 3-Schnittnutzung keine ausreichende Grundfutterqualität für Tiere in Laktation erzielt werden kann. Dazu wäre es notwendig, den ersten Schnitt früher durchzuführen und somit vier Nutzungen pro Jahr umzusetzen. Solch eine Nutzungsänderung würde aber Konsequenzen mit sich bringen. Vier Nutzungen würden dazu führen, dass der Wiesenfuchsschwanz und der Goldhafer noch weiter zurückgehen. Hier wäre es dann notwendig den Bestand auf mehr Untergräser umzustellen. Eine Möglichkeit wäre die Übersaat mit Wiesenrispengras (Starz et al., 2013). Einen weiteren Aspekt stellt das Düngermanagement in einer 4-Schnittwiese dar. Hier wird es immer schwieriger mit festen Wirtschaftsdüngern eine Düngung zwischen den Schnitten vorzunehmen. In solchen Vielschnittsystemen wäre Gülle ein optimaler Düngestoff.

Schlussfolgerungen

Wirtschaftsdünger sind die wertvollsten Düngestoffe, die ein Dauergrünlandbetrieb zur Verfügung hat. In der Biologischen Landwirtschaft sind es die einzig ökonomisch sinnvollen organischen, stickstoffhaltigen Düngestoffe. Damit sie diese auch bleiben ist eine optimale Lagerung mit möglichst geringen Verlusten notwendig.

Düngung und Nutzung sind aufeinander abzustimmen, damit als Ziel ein gutes Grundfutter zu ernten erreicht wird. Was diese Untersuchung zeigen konnte war, dass sowohl feste als auch flüssige Wirtschaftsdünger ihre Stärken und Schwächen haben. Dabei sollte die Diskussion nicht dahin geführt werden sich für einen Düngestoff entscheiden zu müssen sondern eine sinnvolle Kombinationsmöglichkeit zu finden. Verfügt ein Betreiber sowohl über Mist als auch Gülle so ist es günstig den flüssigen Dünger zwischen den Schnitten einfach und effizient auszubringen. Mist hingegen kann in Form einer Herbstdüngung gut ausgebracht werden und dieser so gut über den Winter in den Boden wachsen.

Ein weiterer wichtiger Schritt zur effizienteren Nutzung der Wirtschaftsdünger ist die mengenmäßige Erfassung auf

Betriebsebene. Eine gute Datengrundlage, zur Berechnung der Anfallsmengen, bietet die Sachgerechte Düngung. Die Erkenntnis über die jährlich anfallenden Mengen am Betrieb ist eine Grundlage, doch bedarf es auch einer sinnvollen Aufteilung dieser Düngermengen auf den genutzten Flächen. Dazu ist es notwendig sich die Zeit zu nehmen und die errechneten Mengen auf die Teilstücke aufzuteilen. Gerade bei den flüssigen Wirtschaftsdüngern wie Gülle, ist es entscheidend diese in kleinen und oftmaligen Dosen auf die Flächen auszubringen. 15 m³ Gülle je ha sind eine ausreichende Düngergabe und kurbeln die Aktivität der Bodenlebewesen sowie das Graswachstum an. Durch eine solche Planung können die Feldstücke nach der Bewirtschaftung von intensiv bis extensiv gedüngt werden. Würde eine vorab Planung nicht durchgeführt passiert es, dass im Frühling versucht wird die Güllegrube so gut wie möglich zu leeren. Dann fehlt meist auf den intensiver genutzten Flächen der Dünger zu den späteren Nutzungen. Gerade intensiv genutzte Flächen benötigen eine regelmäßige Versorgung mit Düngestoffen, damit das Bodenleben gleichmäßig arbeiten kann. Eine Unausgewogenheit zwischen Düngung und Schnittnutzung trägt dazu bei, dass sich die Pflanzenbestände in eine ungewünschte Richtung entwickeln und dann nicht in der Lage sind die möglichen Erträge zu liefern.

Durch eine gut durchdachte Planung der Wirtschaftsdüngermengen, kann bereits im Vorfeld eine Entscheidung getroffen werden was, wann und wie viel auf die entsprechende Fläche kommt. So eine Planung steigert nicht nur die Effizienz auf der Fläche sondern spart langfristig auch Zeit, da Arbeitsabläufe koordinierter durchgeführt werden und auf den Grünlandflächen ein gutes Futter gerntet werden kann.

Literatur

- Angeringer, W., W. Starz, R. Pfister, H. Rohrer und G. Karrer, (2011): Vegetation change of mountainous hay meadows to intensified management regime in organic farming. 16th Symposium of the European Grassland Federation, Grassland Farming and Land Management Systems in Mountainous Regions. E. M. Pötsch, B. Krautzer and A. Hopkins. Irdning. 16, 353-355.
- BMLFUW (2006): Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Richtlinien für die Sachgerechte Düngung – Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft. 6. Auflage, Wien, 52-62.
- BMLFUW (2013): Grüner Bericht 2013 – Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Wien, 193-194.
- Buchgraber, K. und Resch, R. (1996): Veröffentlichungen – Einfluß unterschiedlicher Güllebehandlungsverfahren auf chemische und physikalische Eigenschaften sowie auf den Geruch von Ringergülle. BAL Gumpenstein, Irdning, s.a.
- Diepolder, M. (2006): Aspekte der Grünlandnutzung in Bayern. In: Haber, W.; Bayer, E. und Deigele, C. (Hrsg.): Rundgespräche der Kommission für Ökologie – Gräser und Grasland: Biologie – Nutzung – Entwicklung. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 93-110.
- Dietl, W. und J. Lehmann (2004): Ökologischer Wiesenbau - nachhaltige Bewirtschaftung von Wiesen und Weiden. Leopoldsdorf, Österreichischer Agrarverlag, 136 S.
- Friedel, J (2008): Aktive Nährstoffmobilisierung und ihre Bedeutung für die Düngerpraxis im Biologischen Landbau. In: Bericht Umweltökologisches Symposium – Sachgerechte Düngung im Blickfeld von Untersuchungsergebnissen. Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, 04.-05.03.2008, 35-39.

- Gisi, U., Schenker, R., Schulin, R., Stadelmann, F. X. und Sticher, H. (1997): Bodenökologie. 2. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 3-6.
- Gottschall, R. (1992): Kompostierung – Optimale Aufbereitung und Verwendung organischer Materialien im Ökologischen Landbau 5. Auflage. Stiftung Ökologie und Landbau, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe, 79-85.
- Graiss, W., Krautzer, B. und Pötsch, E. (2008): Spezifische Anforderungen an die Begrünung von mittleren Lagen. In: Bericht über das 14. Alpenländische Expertenforum, Anlage, Erneuerung und Verbesserung von Grünland. LFZ Raumberg-Gumpenstein, 47-53.
- Gruber, L., Steinwidder, A., Guggenberger, T. und G. Wiedner, G. (1997): Interpolation der Verdauungskoeffizienten von Grundfuttermitteln der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. Aktualisiertes Arbeitspapier der ÖAG-Fachgruppe Fütterung über die Grundlagen zur Berechnung der Verdaulichkeit und des UDP-Gehaltes auf der Basis der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer (7. Auflage 1997)
- Hermann, G. und Plakolm, G. (1991): Ökologischer Landbau - Grundwissen für die Praxis. Österreichischer Agrarverlag, 90-94, 98-100.
- Paulsen, H. M., Schrader, S. und Schung, E. (2009): Eine kritische Analyse von Ruschs Theorien zur Bodenfruchtbarkeit als Grundlage für die Bodenbewirtschaftung im Ökologischen Landbau. Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research 3, Nr. 59, 253-268.
- Pöllinger, A. (2004): Abschlussbericht Teil Kompostierung. In: Chytil, K., Pöllinger, A., Pötsch, E., Eder, G., Hein, W., Wenzl, W., Sobotik, M. und Uray, G. Bericht über die Vergleichsuntersuchungen von landesüblichen bäuerlichen Stapel- und Kompostmieten bezogen auf die Gehalte und Mengen an Nährstoffen, Umsetzungsprozesse und ihre Wirkung auf Ertrag, Pflanzenbestand, Inhaltstoffe des Futters sowie auf den Boden, am Grünland und am Acker in den inneralpinen Lagen. BAL Gumpenstein, Irnding, 3-10.
- Sachse, J. (1927): Über die Aufnahme von Nährstoffen aus einem gemahlten Basalt durch die Pflanze. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung Nr. 79, 193-223.
- Sayedahmed, N. A. A. (1993): Wirkung von Gesteinsmehl als Bodenverbesserungsmittel und Nährstoffdünger. Dissertation Universität für Bodenkultur, Wien.
- Schechtner, G. (1957): Grünlandsoziologische Bestandesaufnahme mittels „Flächenprozentschätzung“. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, Band 105, Heft 1, 33-43.
- Schechtner, G. (1993): Wirksamkeit von Güllezusätzen hinsichtlich Verbesserung der Düngewirkung der Gülle auf Grünland. In: BAL Veröffentlichung Heft 18, Eigenverlag Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Irnding, S 83-156
- Schroeder, D. (1992): Bodenkunde in Stichworten. 5. rev. u. erw. Auflage von Blum, W. E. H., Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin, 12, 36.
- Starz, W., A. Steinwidder, R. Pfister und H. Rohrer (2013): Etablierung von Wiesenrispengras in einer 3-schnittigen alpinen Dauerwiese mittels Kurzrasenweide. 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Ideal und Wirklichkeit: Perspektiven Ökologischer Landbewirtschaftung. D. Neuhoff, C. Stumm, S. Ziegler, G. Rahmann, U. Hamm and U. Köpke. Bonn, 146-149.