

Zwischenbericht BioNaDü

Verbesserung der Ertragsfähigkeit von Bio Wiesen und Weiden durch regelmäßige Nachsaaten und einer Ergänzungsdüngung von Phosphor und Schwefel



Zwischenbericht BioNaDü

Verbesserung der Ertragsfähigkeit von Bio Wiesen und Weiden durch regelmäßige Nachsaaten und einer Ergänzungsdüngung von Phosphor und Schwefel

Impressum

Projektnehmer: HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität für Nutztiere

Adresse: Raumberg 38, A-8952-Irdning-Donnersbachtal

Projektleiterin: Walter Starz

Tel. : +43 3682 22451 420

E-Mail: walter.starz@raumberg-gumpenstein.at

Projektmitarbeiter: Rupert Pfister und Hannes Rohrer

Kooperationspartner: Bio Austria und Landwirtschaftskammer

Finanzierungsstellen: BMLRT

Projektlaufzeit: 2018-2023

Irdning-Donnersbachtal, 2022. Stand: 19. Jänner 2022

Inhalt

1 Zusammenfassung.....	5
2 Summary.....	6
3 Einleitung.....	7
4 Material und Methoden.....	10
5 Ergebnisse.....	13
6 Diskussion.....	17
7 Schlussfolgerungen.....	18
8 Literatur.....	19

1 Zusammenfassung

Im Bio-Grünland sind Wirtschaftsdünger die wichtigsten Düngemittel. Doch ein genauer Blick auf die Hoftorbilanz von Betrieben verdeutlicht, dass nicht immer alle Nährstoffe ausgeglichen vorliegen. Für eine langfristige Aufrechterhaltung der Bodenfruchtbarkeit müssen daher auch einzelne Nährstoffe im Auge behalten werden. Im Dauergrünland sind dies besonders Phosphor und Schwefel, denen in Zukunft mehr Beachtung geschenkt werden sollte.

Schwefel ist ein wichtiger Pflanzennährstoff und die Immissionen aus der Atmosphäre gingen seit 1980 stark zurück. Unter diesen Rahmenbedingungen wurde der Einsatz eines biotauglichen elementaren Schwefeldüngers ("Sulfogüll plus" von BvG) auf einer 4-schnittigen Dauerwiese getestet. Vier Schwefeldüngungsstufen von 0 (S0), 30 (S30), 60 (S60) und 90 (S90) kg S/ha stellten die Versuchsvarianten dar. Variante S60 und S90 erreichten signifikant höhere TM- (S60 10.779 und S90 11.073 kg/ha), XP- (S60 1.749 und S90 1.798 kg/ha) und Energieerträge (S60 64.008 und S90 65.370 MJ/ha) als die Variante ohne S-Ergänzung (S0: TM: 9.947 kg/ha, XP: 1.569 kg/ha, Energie: 58.434 MJ NEL/ha). Ein Ziel der Bio-Landwirtschaft ist es, möglichst hohe Eiweißerträge aus dem Grünland zu erreichen, in diesem Fall kann die Beachtung der Schwefelversorgung in Zukunft eine wichtigere Rolle spielen.

2 Summary

In organic grassland, farm manures are the most important fertilizers. However, a closer look at the farm gate balance makes clear, not all nutrients are always well balanced. For this reason, some nutrients have to be kept in mind for long-term maintenance of soil fertility. In permanent grassland, especially phosphorus and sulphur should receive more attention in the future.

Sulphur is an important plant nutrient and imissions from the atmosphere decreased since 1980. In an experiment an elementary sulphur fertilizer ("Sulfogüll plus" from BvG) was tested on an organic 4-time cutting permanent grassland. Four sulphur fertilization levels of 0 (**S0**), 30 (**S30**), 60 (**S60**) and 90 (**S90**) kg S ha⁻¹ represented the variants. Variant **S60** and **S90** reached the significant highest DM- (**S60** 10,779 and **S90** 11,073 kg ha⁻¹), CP- (**S60** 1,749 and **S90** 1,798 kg ha⁻¹) and energy yields (**S60** 64,008 and **S90** 65,370 MJ ha⁻¹) compared to Variant **S0** (DM: 9,947 kg ha⁻¹, XP: 1,569 kg ha⁻¹, energy: 58,434 MJ NEL ha⁻¹). One aim in organic farming is to obtain high yields of protein from the grassland and in this case, the sulphur supply should play an important role in future.

3 Einleitung

Die Ziele im Bio-Grünland sind möglichst geschlossene Nährstoffkreisläufe sowie ein aktives Bodenleben zu erreichen. Damit sich diese Ziele erreichen lassen, sind die hofeigenen Wirtschaftsdünger die wertvollste Basis und damit ein unverzichtbarer Teil im Grünlandssystem. In jüngster Zeit wurde zunehmend deutlich, dass darüber hinaus aber auch die Einzelnährstoffbilanzierung am Bio-Betrieb wichtig ist. Nachhaltigkeit erfordert, dass über die Produkte exportierte Nährstoffe auch wieder in bodenschonender Form auf die jeweiligen Flächen zurückkommen müssen.

In erster Linie sind es Milch und Fleisch, die den Grünland-Betrieb verlassen. Die darin enthaltenen und exportierten Nährstoffe stellen eine nicht unwesentliche Größe dar (Tabelle 1).

Tabelle 1: Durchschnittliche Exporte der vier Hauptnährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K) und Schwefel (S) pro 1 kg Milch bzw. je 1 kg Lebendrind (Whitehead, 2000)

Nährstoffexport pro 1 kg Milch			Nährstoffexport pro 1 kg LG-Rind		
N	g/l	5,45	N	g/kg LG	24
P	g/l	0,95	P	g/kg LG	8,6
K	g/l	1,5	K	g/kg LG	1,7
S	g/l	0,30	S	g/kg LG	1,3

Ein beispielhafter Grünland-Milchviehbetrieb mit 39 GVE, der 150.000 kg Milch (mit 3,4 % Eiweiß), 6 Altkühe mit 600 kg, 6 Kalbinnen mit 580 kg und 12 Kälber mit 85 kg Lebendgewicht pro Jahr verkauft, exportiert pro Betrieb und Jahr ca. 1.010 kg N, 211 kg P, 239 kg K und 61 kg S (Tabelle 2). Bei einer Eigenfläche von 28 ha (1,4 GVE/ha) würden dies etwa 36 kg N, 8 kg P, 9 kg K und 2 kg S pro Hektar entsprechen.

Tabelle 2: Jährlicher Nährstoffexport über Verkaufsprodukte pro Hof bzw. pro ha Eigenfläche für einen Beispielsbetrieb mit 150.000 kg Liefermilch, 6 verkauften Altkühen, 6 Kalbinnen und 12 verkauften Kälbern pro Jahr bei 28 ha Eigenfläche

Nährstoffe	Einheit	Nährstoffexport		Nährstoffexport pro Jahr (Beispielsbetrieb)	Nährstoffexport je ha u. Jahr (Beispielsbetrieb)
		Milch	Tiere		
N	kg/Jahr	818	194	1.012	36
P	kg/Jahr	143	70	212	8
S	kg/Jahr	45	11	56	2
K	kg/Jahr	225	14	239	9

Je nach Höhe der zugekauften Kraftfutter- und Mineralstoff-Futtermittel werden diese Nährstoff-Bilanzen etwas weniger negativ bis ausgeglichen (Wieser *et al.*, 1996). Besonders zu beachten ist die Hoftorbilanz auf Gemischtbetrieben, wenn auch noch Marktfrüchte verkauft werden. Dies gilt darüber hinaus auch für Grünlandbetriebe welche Grundfutter oder Wirtschaftsdünger exportieren. Hier verlassen Nährstoffe auch über den Verkauf dieser Produkte den Betrieb. Damit sich die Betriebe nährstoffmäßig nicht nach unten schrauben und die Böden an Ertragsfähigkeit einbüßen, sind Anpassungs- und Optimierungsstrategien notwendig.

Von den Hauptnährstoffen ist der Stickstoff jener Nährstoff, der am Grünlandbetrieb am besten durch eine verlustarme Lagerung und Ausbringung beeinflussbar ist (Amon *et al.*, 2005, Amon *et al.*, 2006). Unvermeidbare Verluste sind am Bio-Betrieb nur über die Leguminosen auszugleichen. Daher muss auch am Grünlandbetrieb der Leguminosenförderung verstärktes Augenmerk geschenkt werden.

Kalium ist am Grünlandbetrieb nicht, bzw. nur in den seltensten Fällen, im Mangel vorhanden. Die mineralischen Grünlandböden haben in der Regel ausreichend Vorräte und eine ergänzende Düngung ist meist nicht notwendig.

Demgegenüber kann es bei Phosphor anders aussehen. Hier können die Vorräte im Boden auf einem deutlich niedrigeren Niveau sein und in den meisten Fällen weist dieser Nährstoff auf

Bio-Betrieben, insbesondere bei geringem Kraftfutterzukauf, eine negative Hoftor-Bilanz auf (Starz *et al.*, 2013). Phosphor ist neben Schwefel essentiell für ein optimales Wachstum der Leguminosen. Dabei ist es nicht die Pflanze an sich, die diese Stoffe zum überwiegenden Teil benötigt, sondern die Rhizobien in den Knöllchen der Wurzeln.

Unter den in der Bilanzierung zu beachtenden Nährstoffen rückte gerade der Schwefel in den letzten Jahren wieder vermehrt in den Focus. Durch die Verbrennung fossiler Energieträger gelangten bis in die 1980er Jahre hohe Mengen an Schwefeldioxid in die Atmosphäre (Anderl *et al.*, 2016) und über Immissionen auf die Flächen zurück (40 bis 80 kg S pro ha), die Schwefeldüngung stellte lediglich ein Randthema dar. Im Dauergrünland reichte eine übliche Wirtschaftsdüngergabe zur ausreichenden S-Rücklieferung aus (Diepolder und Raschbacher, 2009). Da heute der Schwefeleintrag über Regen und „Feinpartikel“ im Bereich von unter 10 kg pro ha liegt, kann zum Beispiel auf ertragreichen und leichten, flachgründigen, humusarmen Böden ein Schwefelergänzungsbedarf bestehen. An der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurde beispielsweise im Jahr 2016 und 2017 ein S-Eintrag über Niederschlag von 2-3 kg S/ha festgestellt. In jüngster Zeit konnten in Versuchen mit Klee gras deutliche Ertragseffekte durch eine S-Düngung festgestellt werden (Böhm, 2016).

Da sowohl Schwefel als auch Phosphor, neben anderen Mineralstoffen und Spurenelementen, essentiell für ein optimales Leguminosenwachstum sind, sollte diesen beiden Nährstoffen gerade in der Bio-Landwirtschaft vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt werden. Dies kann auch ein wichtiger Baustein zur Leguminosenförderung und somit auch zur Optimierung der N-Bilanz und Eiweißversorgung darstellen.

4 Material und Methoden

Folgend werden zwei unterschiedliche Versuche beschrieben, die am Bio-Institut der HBLFA Raumberg-Gumpenstein am Standort Trautenfels durchgeführt wurden bzw. werden. Bei diesen stand bzw. steht die ergänzende Düngung mit Schwefel bzw. Phosphor im Vordergrund.

Diese zwei Versuche wurden auf einer zertifizierten Bio-Fläche durchgeführt und befanden sich in räumlicher Nähe zueinander (Breite: 47° 30' 52" N, Länge: 14° 3' 50" E, 740 m Seehöhe, 6,9 °C ø Temperatur, 1.142 mm ø Jahresniederschlag). Zwei der Versuche befanden sich auf einer langjährigen Dauergrünlandfläche, auf welcher sich die Versuchspartellen (4 x 4 m) befanden. Beim Bodentyp am Standort handelt es sich um einen Braunlehm (pH 6,2, 42,1 mg P/kg, 121 mg K/kg, 10,3 % Humus, 11,3 % Ton, 637 mg S/kg und 23,9 mg SO₄/kg). Die Witterung der Versuchsjahre 2016-2018 ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Durchschnittstemperaturen und Niederschlagssummen am Standort im langjährigen Mittel (1981-2010) sowie für die einzelnen Monate

Monat	Temperatur in °C				Niederschlag in mm			
	Mittel 1981-2010	2016	2017	2018	Mittel 1981-2010	2016	2017	2018
Jan	-3,5	-1,3	-6,26	0,26	65	99,4	39,8	99,4
Feb	-1,6	3,3	2,25	-3,10	50	104,8	32,8	17,9
Mär	2,5	4,7	7,15	3,25	82	13,5	98,4	38
Apr	6,9	9,4	7,86	12,65	57	46,1	94,4	17,2
Mai	12,1	12,6	14,01	15,15	98	122,6	48,3	80,6
Jun	15,1	17,1	18,93	17,28	138	161,4	124,3	155,1
Jul	16,8	19,0	18,62	18,61	167	169,7	239,2	83
Aug	16,2	17,9	19,37	19,67	149	147,5	195,7	111,7
Sep	12,1	15,6	11,70	15,36	113	73,8	90,6	50
Okt	7,4	8,4	10,05	11,05	81	67,1	130,6	155,5
Nov	1,8	2,6	2,90	4,99	71	28,2	69,8	24,2
Dez	-2,6	-0,1	-1,07	0,23	70	53,5	77	167
Jahr	6,9	9,1	8,8	9,6	1.142	1.088	1.241	1.000
Summe								
Jan-Okt:	8,4	10,7	10,4	11,0	1.000	1.006	1.094	808
Summe								
Apr-Okt:	12,4	14,3	14,4	15,7	803	788	923	653

Von 2016 bis 2017 wurde im Rahmen einer Masterarbeit (Kiendler, 2018) eine Untersuchung zum Einsatz von elementarem Schwefel im Dauergrünland durchgeführt (**Versuch 1**). Dafür wurde eine einfaktorielle, randomisierte Blockanlage mit 4 Varianten und 4 Wiederholungen angelegt (in beiden Jahren auf denselben Parzellen). Die zusätzliche mineralische Ergänzung erfolgte in beiden Versuchsjahren im Frühling mit elementarem Schwefel (pulverförmiges Produkt „Sulfogüll plus“ der Firma BvG mit 90 % Rein-Schwefel, welches in die Gülle eingemixt wurde). Die Wirtschaftsdüngergabe wurde zu 5 Terminen mit Gülle durchgeführt (im Frühling und nach jedem der 4 Schnitte), wobei die auszubringende Menge mit 150 kg N/ha und Jahr (S-Eintrag über Gülle 16,3 kg/ha) festgesetzt wurde. Vier unterschiedliche Schwefel-Ergänzungsdünger-Niveaus 0 (**S0**), 30 (**S30**), 60 (**S60**) und 90 kg/ha (**S90**) bildeten dabei die Versuchsvarianten (kalkuliert auf Basis von Rein-Schwefel).

Der zweite, auf einer Dauergrünlandfläche angelegte und noch laufende Versuch, wird seit dem Jahr 2018 durchgeführt. Im Rahmen dieses Berichtes erfolgt die Darstellung der Ergebnisse aus dem ersten Versuchsjahr (**Versuch 2**). In einer zweifaktoriellen Spaltanlage wird der Effekt einer periodischen Nachsaat (keine, regelmäßig im Frühling oder im Herbst mit 10 kg/ha ÖAG-Mischung Ni), sowie einer ergänzenden mineralischen Düngung mit Phosphor und Schwefel getestet. Dabei bildeten die Nachsaatvarianten die Versuchsspalten und innerhalb der Spalte wurden die vier Düngervarianten (reine Gülle, Gülle + Phosphor, Gülle + Schwefel und Gülle + Phosphor und Schwefel) randomisiert. Alle Prüfglieder wurden vierfach wiederholt. Folgend wird nur auf den Faktor Düngung weiter eingegangen. Alle Versuchspartellen wurden mit Gülle zu fünf Terminen (im Frühling und nach jedem der 4 Schnitte) gedüngt. Dabei wurden 140 kg N/ha und Jahr aufgewendet. In der ersten Variante (**G**) wurde ausschließlich Gülle gedüngt. In der zweiten Variante (**GP**) erfolgte bei der Frühlinggabe der Gülle eine zusätzliche Düngung mit 30 kg P/ha (Hyperkorn mehlfein mit 29 % P₂O₅), welches vorab in Wasser eingerührt wurde und über speziell angefertigte Güllegießkannen auf den Parzellen ausgebracht wurde. In Variante drei (**GS**) wurde im Frühling 50 kg S/ha (Sulfogüll plus pulverförmig der Firma BvG mit 90 % Rein-Schwefel) und in Variante vier (**GSP**) sowohl 50 kg S/ha als auch 30 kg P/ha in Wasser eingerührt und auf die Parzellen zusätzlich zur Güllegabe gedüngt.

Die Schnittnutzung erfolgte in allen Versuchen mit derselben Methode. Zur Ernte wurde der Einachsmäher auf eine Schnitthöhe von 5 cm eingestellt. Vom frischen Erntegut wurden Proben mit einem Stecher gezogen und rasch weiterverarbeitet. Ein Teil dieser Probe wurde über 48 Stunden im Trockenschrank bei 105 °C auf Gewichtskonstanz getrocknet. Aus einem weiteren Teil der Probe wurden vom schonend getrockneten Material (bei 45 °C) die Rohnährstoffe und die Mineralstoffe (aus säurebehandelter XA im ICP) sowie mittels Regressionsgleichungen (DLG, 1997) die Verdaulichkeiten und Energiegehalte in MJ NEL aus den Rohnährstoffen errechnet. Die Bestimmung des Schwefelgehaltes erfolgte mittels Elementaranalyse im Vario max CNS (Firma Elementar).

Für die statistische Auswertung der Daten wurde Proc Mixed (SAS 9.4) herangezogen. Bei den beiden Blockanlagen (Versuch 1) wurden die Wiederholung sowie die Versuchsspalte als zufällig (random) angenommen. Im Versuch 2 (Spaltanlage) wurde die Wechselwirkung aus Nachsaatstreifen und Düngung innerhalb eines jeden Streifen als Messwiederholung (repeated/subject) zusätzlich angegeben. Als Hauptfaktoren wurden in den Modellen die Düngermenge bzw. Düngerart, das Versuchsjahr, der Düngungszeitpunkt, der Aufwuchs (variiert je nach Versuch) sowie die Wechselwirkungen dieser herangezogen. Die Ergebnisse werden auf einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$ als Least Square Means mit dem Standardfehler angegeben.

5 Ergebnisse

Während der zweijährigen Düngung mit elementarem Schwefel (**Versuch 1**) erreichten die Düngerstufen 60 und 90 kg S/ha und Jahr mit 10.779 bzw. 11.073 kg TM/ha einen signifikant höheren Mengenertrag als die nicht gedüngte Variante (**S0**) (Tabelle 4). Variante **S30** zeigte hingegen keine Unterschiede zu allen übrigen Varianten.

Tabelle 4: Mengen- und Qualitätserträge sowie Gehalte und Erträge an Schwefel (S) und Phosphor (P) für die vier Varianten und die beiden Versuchsjahre (**Versuch 1**)

Parameter	Einheit	Variante (V)				Jahr (J)		s _e	p-Wert		
		S0	S30	S60	S90	2016	2017		V	J	V x J
TM-Ertrag	kg TM/ha	9.947 ^b	10.361 ^{ab}	10.779 ^a	11.073 ^a	12.212 ^a	8.868 ^b	532	0,004	<0,001	0,341
	SEM	289	300	289	300	256	256				
XP-Ertrag	kg/ha	1.569 ^b	1.647 ^{ab}	1.749 ^a	1.798 ^a	1.950 ^a	1.431 ^b	114	0,005	<0,001	0,653
	SEM	59	62	59	62	52	52				
Energie-Ertrag	MJ NEL/ha	58.434 ^b	61.523 ^{ab}	64.008 ^a	65.370 ^a	72.110 ^a	52.558 ^b	3.174	0,002	<0,001	0,359
	SEM	1.492	1.563	1.492	1.563	1.264	1.264				
P-Gehalt	g/kg TM	4,62 ^a	4,52 ^{ab}	4,46 ^b	4,51 ^{ab}	4,66 ^a	4,39 ^b	0,11	0,042	<0,001	0,780
	SEM	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06				
P-Ertrag	kg/ha	45,6 ^b	46,4 ^{ab}	47,7 ^{ab}	49,5 ^a	56,0 ^a	38,6 ^b	2,28	0,025	<0,001	0,601
	SEM	1,52	1,56	1,52	1,56	1,41	1,41				
S-Gehalt	g/kg TM	2,87	2,91	2,96	2,94	2,62 ^b	3,22 ^a	0,10	0,380	<0,001	0,480
	SEM	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03				
S-Ertrag	kg/ha	27,9 ^b	29,4 ^{ab}	31,1 ^a	31,8 ^a	31,8 ^a	28,3 ^b	1,56	0,001	<0,001	0,164
	SEM	0,82	0,85	0,82	0,85	0,72	0,72				

Abkürzungen: p-Wert: Signifikanzwert, SEM: Standardfehler, s_e: Residualstandardabweichung, abc: Post-hoc-Test Tukey-Kramer
 TM: Trockenmasse, XP: Rohprotein, NEL: Netto Energie Laktation, P: Phosphor, S: Schwefel

Dieselben Unterschiede konnten ebenfalls bei den Qualitätserträgen (XP und NEL) beobachtet werden. Im Vergleich zur nicht mit Schwefel gedüngten Kontrollvariante (**S0**) erzielte die mit 90 kg S/ha und Jahr gedüngte Variante **S90** im Mittel über beide Versuchsjahre einen um 229 kg höheren XP-Ertrag je ha. Der Gehalte an Phosphor war in der nicht gedüngten Kontrolle (**S0**) mit 4,62 g/kg TM am höchsten (Tabelle 1). Beim P-Ertrag wies die Variante **S0** mit 45,6 kg/ha den geringsten Wert auf und lag signifikant unter dem P-Ertrag von 49,5 kg/ha der Variante **S90**. Der S-Gehalt unterschied sich nicht zwischen den Varianten, jedoch wurden beim S-Ertrag in den

Variante **S60** (31,1 kg/ha) und **S90** (31,8 kg/ha) gegenüber der Variante **S0** (27,9 kg/ha) die signifikant höchsten S-Erträge festgestellt. Die Effekte zeigten sich in beiden Versuchsjahren, es wurde keine signifikanten Wechselwirkungen von Variante und Jahr festgestellt (Tabelle 1). Bei Betrachtung der einzelnen Schnitte zeigten sich die stärksten Unterschiede zwischen der ungedüngten Kontrolle (**S0**) und der mit 90 kg S/ha gedüngten Variante (**S90**) beim ersten und zweiten Schnitt (Abbildung 1).

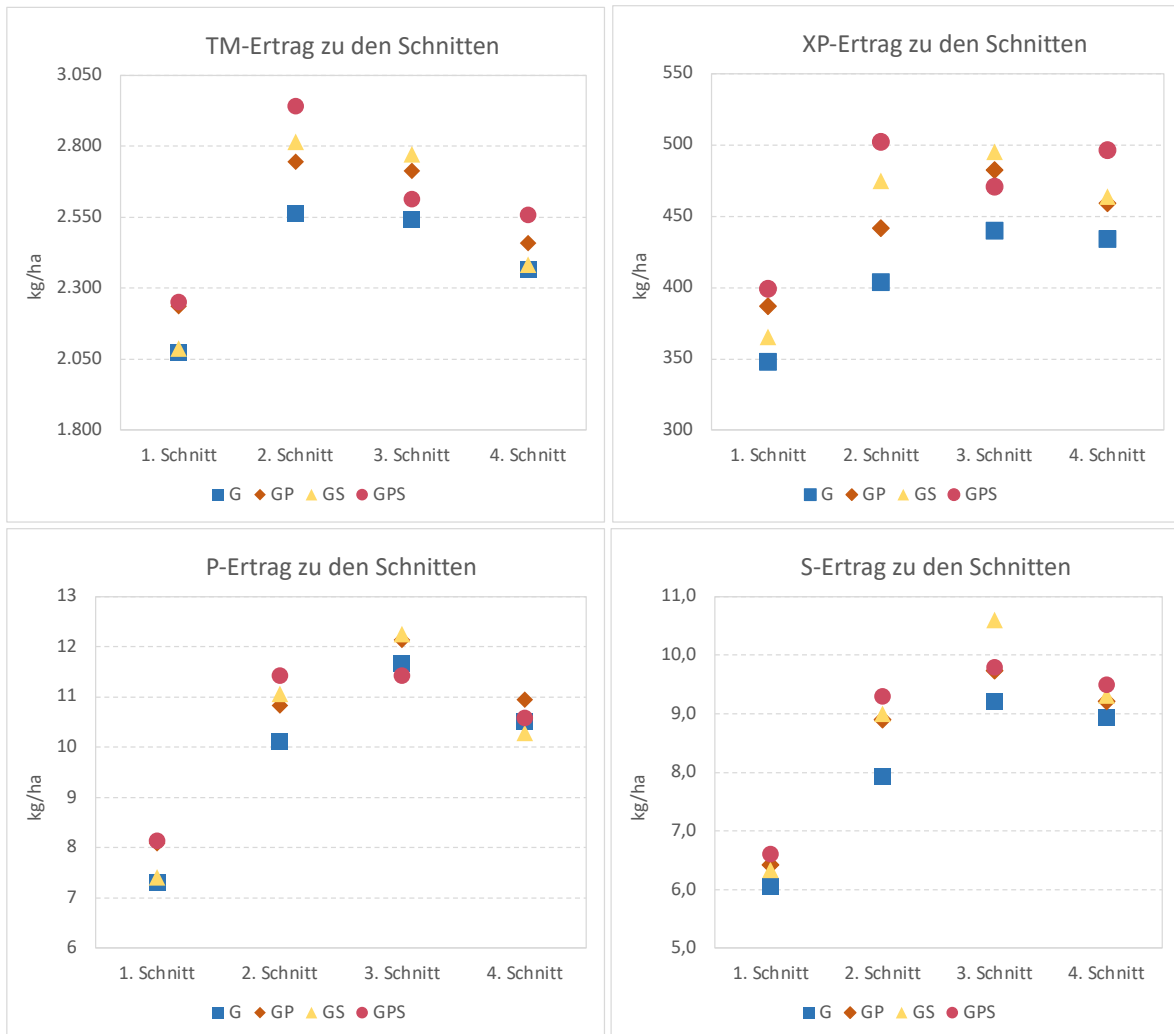


Abbildung 1: Mengen- und XP-Ertrag sowie P- und S-Ertrag zu jedem der vier Schnitte und für jede der vier S-Düngervarianten (S0-S90, Versuch 1)

Tabelle 5: Mengen- und Qualitätserträge bei unterschiedlichen mineralischen Ergänzungen von Schwefel und Phosphor im Versuchsjahr 2018 (**Versuch 2**)

Parameter	Einheit	Düngung				s _e	p-Wert				
		G	GP	GS	GSP		N	D	WH	N*D	
TM-Ertrag	kg TM/ha SEM	9.547 222	10.157 222	10.058 222	10.368 222	782	0,561	0,133	<0,001	0,906	
XP-Ertrag	kg/ha SEM	1.626 58,3	1.773 58,3	1.803 58,3	1.880 58,3	181	0,775	0,113	<0,001	0,987	
Energie-Ertrag	MJ NEL/ha SEM	58.504 1.294	62.324 1.295	61.503 1.295	63.045 1.295	4.745	0,432	0,137	<0,001	0,784	
P-Ertrag	kg/ha SEM	39,5 1,01	41,9 1,01	41,0 1,01	41,5 1,01	4,09	0,438	0,416	0,214	0,501	
S-Ertrag	kg/ha SEM	32,1 0,79	34,3 0,79	35,2 0,79	35,1 0,79	3,03	0,519	0,070	<0,001	0,805	

Abkürzungen:

N: Nachsaatzeitpunkt (ohne, Frühling oder Sommer - nicht Teil dieses Beitrages), D: Düngung (ohne und mit Phosphor bzw. Schwefel Ergänzung), WH: Wiederholung, N*D: Wechselwirkung aus Nachsaatzeitpunkt und Düngung

Düngungsfaktor - G: 140 kg N/ha über Gülle, GP: 140 kg N/ha über Gülle + 30 kg P/ha im Frühling, GS: 140 kg N/ha über Gülle + 50 kg S/ha im Frühling,

GSP: 140 kg N/ha über Gülle + 30 kg P/ha und 50 kg S/ha im Frühling

S: Schwefel, P: Phosphor, p-Wert: Signifikanzwert, SEM: Standardfehler, s_e: Residualstandardabweichung, abc bzw. ABC: Post-hoc-Test Tukey-Kramer jeweils innerhalb der Variante bzw. der Jahre

Bei Betrachtung der Ergebnisse zu den einzelnen Schnittterminen fällt auf, dass sich Unterschiede zwischen den Düngervarianten erst ab dem zweiten Schnitt zeigten (Abbildung 2). Vergleichbar mit den Ergebnissen in Versuch 1 erreichte die ausschließlich mit Schwefel gedüngte Variante **GS** zum 2. und 3. Schnitt mit 9,0 und 10,6 kg S/ha die höchsten Schwefel-Erträge. Im Vergleich dazu lag die nicht mineralisch ergänzte Variante **G** bei 7,9 und 9,2 kg S/ha. Ein ähnliches Bild zeigten auch die Rohprotein- (2. Schnitt **GSP** 502 kg XP/ha und **G** 404 kg XP/ha) sowie die Phosphorerträge (2. Schnitt **GSP** 11,4 kg P/ha und **G** 10,1 kg P/ha).

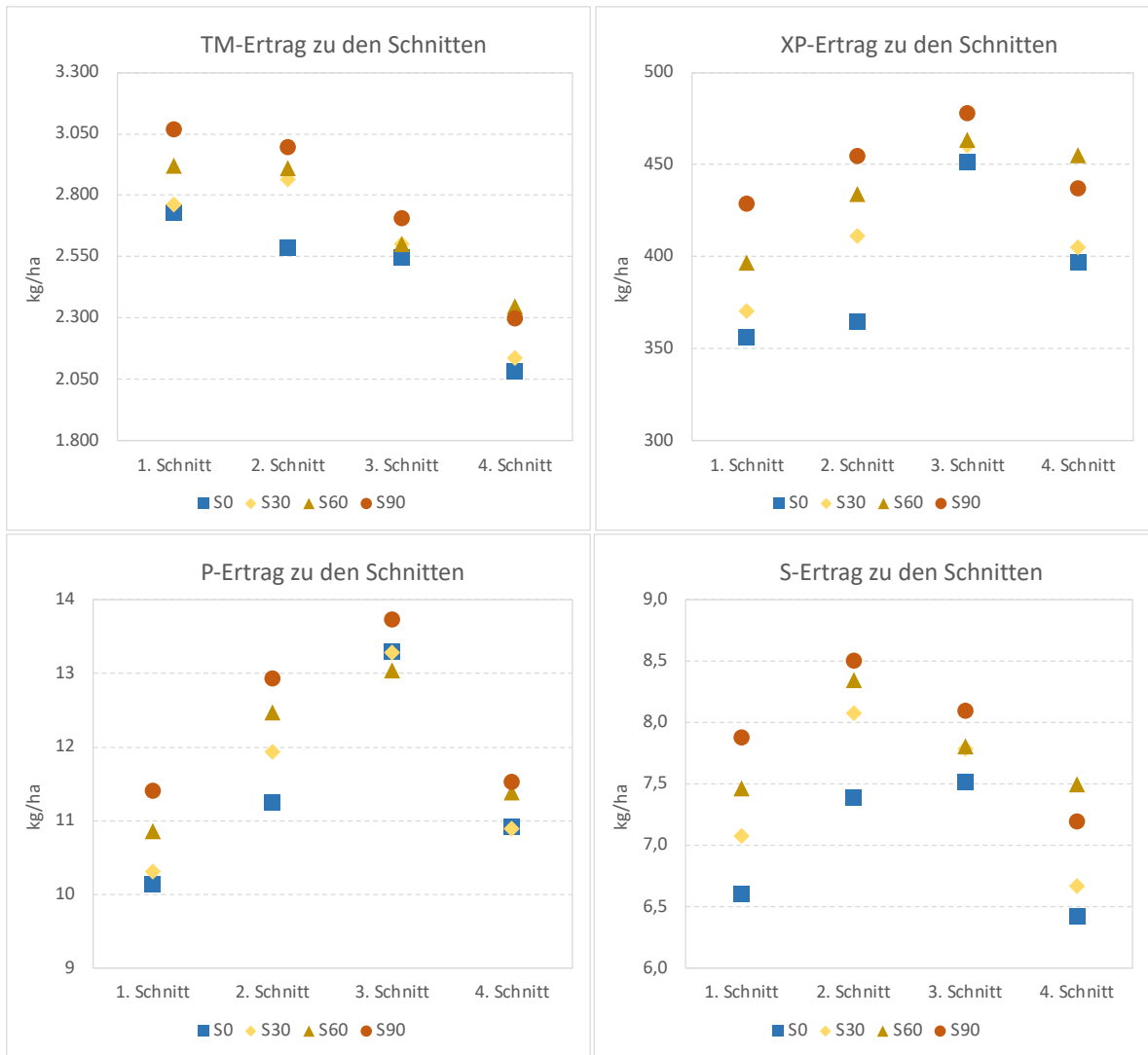


Abbildung 2: Mengen- und XP-Ertrag sowie P- und S-Ertrag zu jedem der vier Schnitte und für jede der vier Ergänzungsdüngervarianten (G, GP, GS und GPS, **Versuch 2**)

6 Diskussion

Der Einfluss einer Düngung mit elementarem Schwefel zeigte im ersten Versuch ab der Düngerstufe mit 60 kg Rein-Schwefel je Hektar signifikante Steigerungen des Mengen- und Qualitätsertrages. In einem Klee gras-Versuch ermittelte Böhm (2016) einen Mehrertrag von 225-330 kg TM/ha bei einem Düngungsniveau von 30-60 kg S/ha, wobei schnell wirksame Schwefeldünger als Kalzium- und Magnesiumsulfat verwendet wurden. Im Versuch von Böhm (2016) wurden deutlich höhere XP-Erträge von 2.028 kg/ha (ohne S-Düngung) und 2.741 kg/ha (60 kg S/ha als $MgSO_4$) ermitteln, was durch die Kultur Klee gras begründet werden kann. In einem bayrischen Versuch (Diepolder und Raschbacher, 2009) zeigten die mit 25 kg/ha elementaren Schwefel gedüngten Klee gras-Parzellen keine Ertragssteigerung und erreichten einen Mengenertrag von 12.600 kg TM/ha sowie einen Energieertrag von 77.700 MJ NEL/ha. Diese Erträge lagen deutlich über den ermittelten Werten der vorliegenden Untersuchung, dies dürfte maßgeblich auf das höhere Düngungsniveau (Bayern: 213 kg N/ha) und Standortunterschiede (Witterung etc.) zurückzuführen sein. Wie die in der vorliegenden Arbeit festgestellten Erträge zu den einzelnen Schnitten zeigten (Abbildung 1), waren die Mehrerträge bei S-Ergänzungsdüngung in erster Linie auf den ersten und zweiten (Versuch 1) bzw. zweiten und dritten (Versuch 2) Schnittermin zurückzuführen. Eine mögliche Erklärung dafür könnte in der mikrobiellen Aktivität der Böden liegen. Zu Beginn der Vegetationsperiode steigert sich die Aktivität langsam (Subler und Kirsch, 1998) und das höhere S-Angebot in der Bodenlösung dürfte sich hier positiv auf die Entwicklung der Bestände auswirken.

Da vom Düngerversuch mit elementarem Schwefel und Rohphosphat für diesen Bericht erst die Auswertung eines Versuchsjahr vorlag, muss dies bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Numerisch erzielten alle Varianten mit einer mineralischen Ergänzung höhere Mengen- und Qualitätserträge. Signifikante Mehrerträge, wie dies in Tastversuchen in Bayern (Urbatzka *et al.*, 2014) der Fall war, konnten im ersten Jahr des laufenden Versuche noch nicht beobachtet werden. Urbatzka *et al.* (2019) stellten fest, dass im ersten Hauptnutzungsjahr die schnell pflanzenverfügbaren Schwefeldünger zu höheren Erträgen als bei Düngung mit elementarem Schwefel führten. Im zweiten Jahr der Klee grasnutzung glichen sich die Erträge an und die Erträge aller Schwefeldünger unterschieden sich nicht mehr. Die in der vorliegenden Untersuchung gemessenen Erträge (von 4 Schnitten) von über 10.000 kg TM/ha elementarem Schwefel und Rohphosphat gedüngten Variante sind für Dauergrünland als äußerst hoch einzustufen. In einer Studie von (Böhm, 2017) wurde im Mittel bei Rotklee gras Erträge von 10.470 kg TM/ha (ungedüngt) und 11.520 kg TM/ha bei einer Gabe von 60 kg S/ha (als Gips) festgestellt. Weitere Versuchsjahre werden die Entwicklung der Bestände und die Effekte der Dünger eindeutiger abbilden.

7 Schlussfolgerungen

Schwefel und Phosphor, als essentielle Nährstoffe für das Bodenleben und die Kulturpflanzen, werden in der Nährstoffbilanzierung auch am intensiv genutzten Dauergrünland wieder mehr in den Fokus rücken. Anhand der vorliegenden Ergebnisse zeigt sich, dass gerade für den Ertrag und die Proteinbildung Schwefel eine wichtige Rolle im mehrschnittigen Dauergrünland spielen dürfte.

Aus den bisherigen Ergebnissen zeigt sich, dass positive Effekte bei mineralischen Ergänzungen mit biotauglichen Zukaufdüngern erzielt werden können. Hier gilt es noch längerfristige Beobachtungen vorzunehmen, ob die Verbesserung der Erträge nicht nur einen kurzfristigen Effekt darstellt. So lassen sich kurzfristige puschende Effekte ausschließen. Werden durch eine mineralische Ergänzung lediglich gespeicherte Nährstoffe besser aufgeschlossen, müssten diese nachhaltig wieder gedüngt werden, damit das neue Ertragsniveau gehalten werden kann. Eine generelle Anhebung der gesamten Wirtschaftsdüngermenge auf dem Flächenstück, hätte eventuell einen ähnlichen Effekt, wie eine Ergänzungsdüngung.

Das Bio-Grünlandssystem basiert auf einer ordentlichen Wirtschaftsdünger-Planung, -Lagerung und -Ausbringung. Eine mineralische Ergänzungsdüngung kann dies keinesfalls ersetzen, sondern maximal sinnvoll ergänzen.

8 Literatur

Amon, B.; Kryvoruchko, V.; Amon, T. und Boxberger, J. (2005): Wirkung der Abdeckung auf NH₃-, N₂O- und CH₄-Emissionen während der Lagerung von Milchviehflüssigmist. *Landtechnik. Fachzeitschrift für Agrartechnik und ländliches Bauen* **60** (4), 216-217.

Amon, B.; Kryvoruchko, V.; Amon, T. und Zechmeister-Boltenstern, S. (2006): Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **112** (2–3), 153-162.

Anderl, M.; Gangl, M.; Haider, S.; Moosmann, L.; Pazdernik, K.; Poupa, S.; Purzner, M.; Schieder, W.; Stranner, G. und Zechmeister, A. (2016): Emissionstrends 1990–2014 Ein Überblick über die Verursacher von Luftschadstoffen in Österreich, Umweltbundesamt GmbH, Wien.

Böhm, H. (2016): Einfluss einer Schwefeldüngung auf die Ertragsleistung und ausgewählte Inhaltsstoffe von Klee gras im Ökologischen Landbau. Tagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V., Gießen, Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V., 28. 27.-29.9.2016, 297.

Böhm, H. (2017): Die Wirkung einer Schwefeldüngung auf Ertrag und Qualitätsparameter von Klee grasbeständen im ersten und zweiten Hauptnutzungsjahr. 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Ökologischen Landbau weiterdenken - Verantwortung übernehmen - Vertrauen stärken, Freising-Weihenstephan, Verlag Dr. Köster, 07.-10.03.2017, 32-35.

Diepolder, M. und Raschbacher, S. (2009): Schwefeldüngung zu Dauergrünland - Neue Versuchsergebnisse. *Schule und Beratung* **4-5**, *Informationsschrift des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*, Landshut, III-14-19.

Kiendler, S. (2018): Auswirkungen einer Düngung mit elementarem Schwefel am Dauergrünland auf Ertrag und Futterqualität. Master Thesis, Universität für Bodenkultur, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Nutztierwissenschaften, Wien, 93 S.

Starz, W.; Steinwidder, A.; Zollitsch, W.; Jandl, S.; Pfister, R. und Rohrer, H. (2013): Nährstoffbilanzen von Bio-Milchviehbetrieben im Dauergrünlandgebiet bei reduzierter Kraftfutterfütterung. Fachtagung für biologische Landwirtschaft - Grünlandbasierte BIO-Rinderhaltung, Irnding, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 07.11.2013, 107-110.

Subler, S. und Kirsch, A.S. (1998): Spring dynamics of soil carbon, nitrogen, and microbial activity in earthworm middens in a no-till cornfield. *Biology and Fertility of Soils* **26** (3), 243-249.

Urbatzka, P.; Offenberger, K.; Schneider, R. und Jacob, I. (2014): Schwefeldüngung zu Leguminosen im ökologischen Pflanzenbau. *Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern*, 132-138.

Urbatzka, P.; Eckl, T.; Miederer, W.; Urgibl, A. und Uhl, J. (2019): Ertrag des Kleeegrases im ersten und zweiten Hauptnutzungsjahr in Abhängigkeit des Schwefeldüngers und der Düngungshöhe. 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 5. bis 8. März 2019, Innovatives Denken für eine nachhaltige Land- und Ernährungswirtschaft, Kassel, Verlag Dr. Köster, 05.-08.03.2019, 228-231.

Whitehead, D.C. (2000): Nutrient Elements in Ruminant Animals: Nutrient Elements in Grassland: Soil-Plant-Animal Relationships, *CABI*, 70-94.

Wieser, I.; Heß, J. und Lindenthal, T. (1996): Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumbilanzen ökologisch wirtschaftender Grünlandbetriebe im oberösterreichischen Voralpengebiet. *Die Bodenkultur - Journal for Land Management, Food and Environment* **47** (2), 81-88.

HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

raumberg-gumpenstein.at