

Auswirkungen einer Düngung mit elementarem Schwefel am Dauergrünland auf Ertrag und Futterqualität

Stefanie Kiendler^{1,2*}, Walter Starz¹, Rupert Pfister¹ und Hannes Rohrer¹

Zusammenfassung

Schwefel ist ein essentielles Mengenelement und daher unverzichtbar in der Pflanzenernährung. Da sich der Schwefeleintrag aus der Umwelt in den letzten 30 Jahren um ca. 80 % verringert hat, ist es notwendig die Versorgungsstufe der Grünlandbestände genauer zu betrachten und die Auswirkungen einer zusätzlichen Schwefeldüngung zu untersuchen. Dafür wurde eine einfaktorielle Blockanlage mit vierfacher Wiederholung angelegt, die vier Mal im Jahr geschnitten wurde. Der Schwefeldünger wurde in den Düngerstufen 0, 30, 60, und 90 kg/ha (Varianten S0, S30, S60 und S90) ausgebracht. Beim verwendeten Dünger „Sulfogüll plus“ der Firma BvG, lag der Schwefel in elementarer Form vor. Um Änderungen der Schwefelgehaltswerte im Boden festzustellen, wurde im Frühjahr und im Herbst 2016 eine Bodenbeprobung durchgeführt. Weiters wurden im Frühjahr 2016 und 2017 durch eine Pflanzenbonitur auf Artenebene, Änderungen im Pflanzenbestand erhoben.

Der Energieertrag, der Rohproteinertrag und der Weißkleebestand, zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Düngerstufen S0, S30, S60 und S90. Wenn auch nicht signifikant, lag die Variante S90 hinsichtlich des TM-Ertrages um 6,7 % über der Variante S0. Der durchschnittliche TM-Ertrag lag bei 12.213 kg/ha und Jahr. Allerdings waren beim NEL-Ertrag (p-Wert: 0,082) und beim XP-Ertrag (p-Wert: 0,088) Tendenzen zur positiven Wirkung des Schwefels erkennbar. So lag in der Variante S90 der NEL-Ertrag mit 74.355 MJ NEL/ha und Jahr um 7 % höher als in der Kontrollgruppe. Hinsichtlich des Pflanzenbestandes konnte nur die Gruppe der Gräser eine signifikante Zunahme zwischen den Artengruppenbonitierungen von 2016 auf 2017 verzeichnen. Die Zunahme des Weißkleebestandes durch die Schwefeldüngung zeigte hingegen keine Signifikanz. Der Schwefelgehalt des Grundfutters aller Parzellen lag in dem für Wiederkäuer optimalen Bereich (durchschn. 2,6 g/kg TM).

Da teilweise Tendenzen erkennbar waren und der eingesetzte elementare Schwefel längerfristig wirkt, sollten weitere Überprüfungen in längerfristig angelegten Versuchen vorgenommen werden.

Schlagwörter: Biologische Landwirtschaft, Milchkühe, Protein, Weißklee

Summary

Sulfur is an essential macro element and therefore essential in plant nutrition. The sulfur input from the environment has decreased by approx. 80 % in the last 30 years. Therefore it is necessary to look more closely at the supply level of the grassland stocks and evaluate the need of an additional sulfur fertilization. To examine the need of a sulfur fertilization in grassland, a trial as single-factor block design with four replications was carried out. The four times cut permanent grassland was fertilized d. The sulfur fertilizer was applied four different levels 0, 30, 60 and 90 kg ha⁻¹ (variants S0, S30, S60 and S90). The used fertilizer „Sulfogüll plus“ from BvG supplied sulfur in elementary form. The soil from the trial plots was sampled in spring and autumn 2016 to determine changes in the sulfur content. In spring 2016 and 2017 also the botanical composition was rated.

The net energy yield (NEL), the crude protein (CP) yield and the cover of white clover showed no significant differences between the different fertilizer levels S0, S30, S60 and S90. Although variant S90 showed a 6.7 % higher dry matter (DM) yield than variant S0 but was not significant. The average DM yield was about 12,213 kg ha⁻¹ year⁻¹. However, the NEL yield (p value: 0.082) and the CP yield (p value: 0.088) showed a positive trend to a sulfur fertilization. For example, in S90 variant the NEL yield of 74,355 MJ NEL ha⁻¹ and year was about 7 % higher than in the control group. Only the group of grasses significantly increased from 2016 to 2017. The sulfur fertilization showed no significant effect on the percentage cover of white clover. The sulfur content in average of all trial plots was in the ruminant optimum range (average 2.6 g kg⁻¹ TM).

As some trends were apparent and the elemental sulfur used reacts in the soil as a long-term fertilizer, further trials should be carry out.

Keywords: organic farming, dairy cows, protein, white clover

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, Raumberg 38, A-8952 Irnding-Donnersbachtal

² Universität für Bodenkultur, Institut für Nutztierwissenschaften, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

* Ansprechpartner: Stefanie Kiendler, stefanie.kiendler@raumberg-gumpenstein.at



Einleitung und Zielsetzung

Schwefel ist ein essentieller Pflanzennährstoff, der für das Wachstum der Pflanze notwendig ist. Vor allem bei der Proteinsynthese der Aminosäuren Cystein und Methionin ist der Schwefel unverzichtbar (MENGEL, 1961). Bis zum Beginn der 80er Jahre erfolgte der hauptsächliche Schwefeleintrag in der Landwirtschaft über die Emission von Schwefeldioxid aus schwefelhaltigen Brenn- und Treibstoffen der Industrie und dem Kleinverbrauch (ANDERL et al., 2016). Durch den Einbau von gesetzlich vorgeschriebenen Rauchgasentschwefelungsanlagen, sowie durch die Absenkung des Schwefelanteils in Mineralölprodukten, konnte die umweltschädliche Emission deutlich gesenkt werden (HAGEL, 2000). So konnte in Österreich die Schwefeldioxid Emission um 78 % reduziert werden (ANDERL et al., 2016). Der derzeitige Schwefeleintrag aus der Umwelt wird mit 10 kg/ha angegeben (AMLINGER et al., 2006, HU et al., 2005). Demgegenüber stehen die in dem vorliegenden Versuch festgestellten Entzüge über das Erntegut von 32 kg/ha und Jahr.

Ziel dieser Arbeit war es, eventuelle Mängel in den Schwefelgehaltswerten im Grünland aufzuzeigen bzw. herauszufinden ob sich eine zusätzliche Schwefeldüngung positiv auf den Pflanzenbestand und in weiterer Folge auf den Ertrag auswirkt. Zur Überprüfung des Einflusses des Schwefels auf den Boden, wurde eine Schwefelbilanzierung erstellt und mittels Bodenbeprobungen kontrolliert. Weiters wurde die Wirkung des Schwefels auf den Trockenmasse-Ertrag, den Energie-Ertrag, den Rohprotein-Ertrag sowie den Einfluss auf den Pflanzenbestand untersucht.

Material und Methoden

Im Versuchsjahr 2016 wurde am Dauergrünland des Bio-Institutes der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, auf einer Seehöhe von 740 m, mit einem Jahresniederschlag von 1.014 mm und einer Jahresdurchschnittstemperatur von 7° C eine einfaktorische, randomisierte Blockanlage in vierfacher Wiederholung angelegt. Die 16 Parzellen hatten jeweils eine Größe von 4 mal 4 Metern. Die unterschiedlichen Schwefeldünger-Niveaus mit 0, 30, 60 und 90 kg/ha, stellten die vier Untersuchungs-Varianten S0, S30, S60 und S90 dar. Zum Einsatz kam ein in elementarer Form vorliegender Schwefeldünger („Sulfogüll plus“ der Firma BvG). Im Zuge der ersten Gülleausbringung wurde der mehligere Dünger in die Gülle eingerührt und im Anschluss auf den Parzellen mittels spezieller Gülle-Gießkannen ausgebracht. Alle Parzellen wurden neben der Schwefeldüngung noch mit 150 kg/ha Stickstoff in Form von Rindergülle gedüngt. Die Gülledüngung der Versuchspartellen erfolgte in fünf Gaben. Die Parzellen wurden vier Mal mit einem Einachsmäher auf eine Schnitthöhe von 7 cm geschnitten, zusammengereicht und einzeln gewogen. Aus dem Futter jeder Parzelle wurden mittels Probenstecher eine Mischprobe gezogen. Ein Teil des Materials wurde zur Erhebung der Trockenmasse (TM) herangezogen. Dies erfolgte in zweifacher Wiederholung, wobei jeweils 100 g eingewogen und bei 105° C für 48 h im Trockenschrank getrocknet wurden. Der Rest der Futterproben wurde schonend bei 30° C, im

Trockenschrank getrocknet, vermahlen und im chemischen Labor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein weiter untersucht. Im Labor wurden eine Weender Futtermittelanalyse, sowie eine Analyse der Gerüstsubstanzen, der Mineralstoffe und der Spurenelemente durchgeführt. Die Energiewerte in MJ NEL, wurden aus den in der Analyse erhobenen Rohnährstoffen, mittels Regressionsgleichung berechnet (BMLFUW, 1997).

Um die Ausgangssituation festzustellen, wurde zu Beginn des Versuches im Frühjahr 2016 eine Artenbonitur des Pflanzenbestandes vorgenommen. Um etwaige Änderungen bzw. Beeinflussungen im Pflanzenbestand zu dokumentieren, wurde die Artenbonitur im Frühjahr des Folgejahres 2017 wiederholt. Um Veränderungen der Lückigkeit, dem Gräseranteil und im Anteil an Kräutern und Leguminosen zu dokumentieren, wurde vor den Ernteschnitten, eine zusätzliche Artengruppenbonitur durchgeführt. Die Bonituren erfolgten nach der Methode der wahren Deckung (SCHECHTNER, 1958).

Zur Ermittlung des Schwefelumsatzes auf den Flächen diente eine Schlagbilanzierung (siehe Tabelle 1).

Zur Messung von Veränderungen des Schwefelgehaltes im Boden, wurden zu Beginn des Versuches sowie im Herbst nach dem letzten Ernteschnitt, Bodenproben gezogen. Die Probenahme erfolgte mittels Bodenprobenstecher bis zu einer Tiefe von 10 cm. Es wurden 10 Proben je Parzelle gezogen, getrocknet, gesiebt und die daraus resultierende Mischprobe (AMLINGER et al., 2006) an die AGES zur Analyse geschickt.

Die statistische Auswertung der normalverteilten Versuchsdaten wurde mit dem Statistikprogramm SAS 9.4 vorgenommen. Es wurde eine einfaktorische Varianzanalyse mittels der SAS-Anwendung „Procedure Mixed“ durchgeführt. Als fixe Effekte wurden die Varianten (S0-S90), die Wiederholung, der Termin und die Versuchsspalten herangezogen. Als zu-

Tabelle 1: Input- und Outputparameter die die Flächenbilanz des Schwefels beeinflussen

Input	Output
+ S aus Gülle	- S-Gehalt Erntegut
+ S-Dünger	- Auswaschung
+ nasse Deposition	
Flächenbilanz	

Tabelle 2: Der Zeitplan mit den dazugehörigen Maßnahmen des Versuchsjahres 2016

	2016				
	April	Mai	Juli	August	September
Bodenbeprobung	7.				24.
Ernte u. Artengruppenbestimmung	1. Aufwuchs	23.	5.	18.	23.
	2. Aufwuchs				
	3. Aufwuchs				
	4. Aufwuchs				
Sulfogüll Düngung	14.				
Artenbonitur		6.			
Düngung	Frühjahr	14.			
	nach 1. Schnitt		24.		
	nach 2. Schnitt			7.	
	nach 3. Schnitt				29.
	nach 4. Schnitt				26.

fällig (random) wurden die Wiederholungen und die Spalten des Versuches angenommen. Das Signifikanzniveau wurde mit $\alpha \leq 0,05$ festgesetzt.

Die Daten werden als Least Square Means (LSMEANS) mit dem Standardfehler (SEM) dargestellt. Für den paarweisen Mittelwertsvergleiches, wurde der Tukey-Test angewendet.

Die durchgeführten Maßnahmen mit den zugehörigen Durchführungszeiten sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Ergebnisse und Diskussion

Der durchschnittliche Jahrestrockenmasseertrag der Varianten S30-S90 lag bei 12.338 kg/ha und Jahr. Dies entsprach einem Mehrertrag von 501 kg TM/ha und Jahr, im Gegensatz zur Kontrollvariante (S0). Mit einem p-Wert von 0,190 konnte in diesem Fall jedoch keine signifikante Wirkung des Schwefels auf den TM-Ertrag festgestellt werden (Tabelle 3 und Abbildung 1).

Vergleicht man die Variante S0 mit der Variante S90, errechnet sich ein Mehrertrag von 790 kg/ha und Jahr (Abb.1). Wenn auch nicht signifikant, lässt sich diese Ertragssteigerung mit einem Versuch von Böhm (2013) untermauern, welcher durch die Düngung von Magnesiumsulfat ($MgSO_4$), mit den Düngerstufen 30 bzw. 60 kg/ha, einen signifikant höheren TM-Ertrag im Vergleich zur Referenzfläche erzielte. Der Schwefel im Versuch von Böhm (2013) lag in pflanzenverfügbarer Sulfat-Form vor, wodurch sich ein signifikantes Ergebnis schon im ersten Versuchsjahr erklären lassen könnte.

Durch die immer höher werdenden Milchleistungen und dem damit verbundenen erhöhten Proteinbedarf der Tiere, ist es umso wichtiger hohe Proteingehalte aus dem Grundfutter zu erzielen (Resch und Gruber, 2015). Unter Berücksichtigung des Kostenfaktors der Proteinversorgung, ist es vor allem in der Biologischen Landwirtschaft von größter Bedeutung, die bestmögliche Qualität aus dem Grundfutter zu erzielen und somit die Kosten des Futterzukaufes zu minimieren (Velik und Knaus, 2007). Der Rohproteintrag des Jahres 2016, zeigte einen Anstieg von 1.857 auf 2.041 kg/ha von der Variante S0 auf S90 (Tabelle 4 und Abbildung 1). Das entspricht einem Plus von 184 kg XP/ha und Jahr. Statistisch gesehen lässt sich eine tendenzielle (p-Wert: 0,088) Verbesserung des XP-Ertrages durch die Düngung mit elementarem Schwefel erkennen.

Der durchschnittliche XP-Ertrag der Schwefelvarianten (S30-S90) war um 6,7 % höher als der XP-Ertrag der Kontrollvariante (S0). Diese Entwicklung lässt sich durch schwefelhaltige Aminosäuren, deren Zunahme durch die

Tabelle 3: Der Trockenmasseertrag der vier getesteten Varianten in kg/ha und Jahr

Merkmal	Variante				SEM	p-Wert
	S0	S30	S60	S90		
TM Ertrag, kg/ha	11.837	11.811	12.575	12.627	320	0,190

Tabelle 4: Der Rohproteintrag der vier getesteten Varianten in kg/ha und Jahr

Merkmal	Variante				SEM	p-Wert
	S0	S30	S60	S90		
XP Ertrag, kg/ha/a	1.857	1.874	2.029	2.041	56	0,088

Tabelle 5: Der Nettoenergie Laktations-Ertrag in Megajoule pro Hektar und Jahr der vier getesteten Varianten

Merkmal	Variante				SEM	p-Wert
	S0	S30	S60	S90		
NEL Ertrag, MJ/ha/a	69.285	70.057	74.742	74.355	1.610	0,082

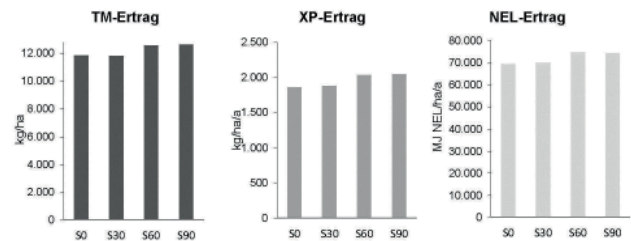


Abbildung 1: Die TM-Erträge, XP-Erträge und NEL-Erträge aller vier getesteten Varianten aufgetragen in einem Säulendiagramm

Schwefeldüngung begünstigt wird (MENGEL, 1961), und welche zur Bildung von Proteinen führen (ABROL und AHMAD, 2013), erklären. Ein weiterer Grund für die positive Entwicklung des XP-Ertrages, könnte in der besseren symbiotischen Stickstofffixierung der Leguminosen liegen, welche maßgeblich vom Vorhandensein des Schwefels beeinflusst wird (BOTHE et al., 1983). Weiters lassen sich die erhöhten XP-Erträge durch einen Schwefeldüngerversuch von FISCHINGER et al. (2011) untermauern. In diesem Versuch konnten erhöhte Stickstofffixierungen festgestellt werden und in Folge dessen, einen 70 % höheren Stickstoffgehalt im Erntegut erzielen.

Neben dem TM-Ertrag und dem XP-Ertrag sind auch die Energiekonzentrationen von größter Bedeutung. In der Milchviehfütterung wird der Energiegehalt des Futters in MJ NEL angegeben. Der MJ NEL-Gehalt spiegelt sowohl den Energiebedarf für die Laktation sowie den Erhaltungsbedarf einer Milchkuh wieder (KIRCHGEßNER et al., 2014). Durch die Düngung mit elementarem Schwefel, zeigte der Jahresenergieertrag an MJ NEL der einzelnen Varianten, eine positive Tendenz (p-Wert: 0,082). Die Versuchspartikeln S90 hatten einen um 5.070 MJ NEL/ha höheren Ertrag pro Jahr als die Referenzpartikeln S0 (Tabelle 5 und Abbildung 1). Die Durchschnittserträge der Schwefeldüngervarianten (S30-S90) sind im Schnitt um 5,4 % höher als die Energie-Erträge der Kontrollgruppe (S0). Diese tendenziell besseren Energie-Erträge aus den Düngervarianten gehen mit einer Studie von DIEPOLDER et al. (2006) einher. Hierbei wurden signifikant höhere Energie-Erträge in Düngervarianten mit schwefelhaltigem Mineraldünger im Vergleich zu ungedüngten oder nur mit Rindergülle und Stallmist gedüngten Referenzflächen erzielt.

Im Schwefelgehalt des Grundfutters, waren weder signifikante noch tendenzielle Veränderungen erkennbar (Tabelle 6).

Die Grenzwerte für den Bedarf und die Überversorgung mit Schwefel in der Wiederkäuerernährung sind sehr knapp gehalten. Underwood (1999) geht von einem Schwefelbedarf von 1 bis 1,5 g/kg TM aus. Das NRC (2001) erhöht diese Annahme auf 2 g/kg TM (Tabelle 7).

Mit dem Schwefelgehaltswert von 2,6 g/kg TM, erfüllten die Proben aus diesem Versuch somit den geforderten Bedarf.

Tabelle 6: Die Schwefelgehaltswerte der vier getesteten Varianten in g/kg TM des Erntegutes

Merkmal	Variante								p-Wert
	S0		S30		S60		S90		
S g/kg	lsmean	SEM	lsmean	SEM	lsmean	SEM	lsmean	SEM	
	2,619	0,049	2,610	0,054	2,625	0,049	2,633	0,055	0,9924

Tabelle 7: Die Schwefelbedarfswerte einer Milchkuh nach Wall (2015)

	Bedarf	Übersversorgung
Laktierende Kuh	2 g/kg TM*	4 g/kg TM**

*(NRC, 2001)

**(Puls, 1994)

Eine Übersversorgung ist selbst bei der höchsten Düngerstufe nicht zu befürchten.

DIRKSEN et al. (2006) gehen in ihrer Arbeit von einem Schwefelbedarf für Wiederkäuer von 50-70 mg/kg Lebendmasse (LM) aus. Laut der Zentralen Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter (ZAR), liegt das durchschnittliche Gewicht der österreichischen Holstein Friesian (HF) Kuh bei 775 kg. Eine HF-Kuh hätte demnach einen durchschnittlichen Schwefelbedarf von 46,5 g/Tag.

Gruber et al. (2006) gehen bei ihrem Versuch zur Bestimmung der TM-Aufnahme von Milchkuhen mittels Regressionsgleichung bei einer HF-Kuh mit einer Milchleistung von 30 kg pro Tag, in der 3. Laktation am 140. Laktationstag bei einem hohen Managementniveau, von 20,9 kg TM Futteraufnahme aus, wobei 13,9 kg TM auf das Grundfutter fallen. Mit dem Schwefelgehaltswert aus diesem Versuch von 2,6 g Schwefel/kg TM, würden rein aus dem Grundfutter tägliche Schwefelmengen von 36,14 g anfallen. Das bedeutet, dass 77,7 % des Schwefelbedarfs über das Grundfutter, welches 66,5 % in der Gesamtration ausmacht, gedeckt werden. Die übrigen Rationsbestandteile (33,5 %) müssten somit einen Mindestgehalt von 1,48 g/kg TM aufweisen um den von DIRKSEN et al. (2006) beschriebenen Bedarf zu decken.

Bei der statistischen Auswertung der Wechselwirkung Jahr mal Variante, konnte hinsichtlich der Artengruppe der Gräser ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Gräser haben vom Jahr 2016 auf das Jahr 2017 und zwischen den Düngerstufen signifikant zugenommen. Bei allen anderen Artengruppen konnten keine signifikanten Abweichungen zwischen den Jahren und der Düngerstufe gemessen werden.

Aufgrund des positiven Einflusses von Schwefel auf das Wachstum der Spross- und Wurzelmasse bei Leguminosen (ROBSON et al., 1995), wurde die Hypothese einer positiven Wirkung des Schwefels auf den Weißkleebestand aufgestellt. Es konnte bezüglich des Weißkleebestandes allerdings kein signifikanter Unterschied zwischen den unterschiedlichen Düngerstufen und den aufeinanderfolgenden Jahren festgestellt werden. Wie schon erwähnt könnte

der Grund hierfür wiederum in der langsam fließenden Schwefelquelle des verwendeten Düngers liegen (WEN et al., 2003). Ein ähnlich angelegter Versuch in Deutschland überprüfte in einem Luzerne-Klee grasbestand die Wirkung der Schwefeldüngung auf den Anteil der Leguminosen im Bestand. Auch hier wurde keine signifikante Wirkung des Schwefels beschrieben. Dennoch wurde darauf hingewiesen, dass der TM-Ertrag der Leguminosen im Vergleich zu den Kontrollgruppen, signifikant höher war (FISCHINGER et al., 2011).

Laut Schwefelbilanzierung kommt es ohne Zugabe von Schwefel zu einem jährlichen Entzug des Schwefels von rund 15 kg Schwefel/ha und Jahr und somit zu einer Ausdünnung der Schwefelgehaltswerte im Boden. Alle in diesem Versuch gewählten Schwefelgaben haben theoretisch eine Aufdüngung zur Folge. Dieser berechnete Effekt zeigt sich numerisch auch in den Bodenprobenergebnissen. Alle Parzellen die mit Sulfo güll behandelt wurden, zeigten eine Erhöhung des Schwefelgehaltes im Boden. Gegen die Erwartung, die aus der Schwefelbilanzierung hervorging, kam es in der Variante S0 zu keiner Ausdünnung des Schwefelgehaltes. Auch in der Variante S0 wurde Schwefel in der Bodenmatrix angereichert (Tabelle 10).

Die Ausdünnung des Schwefelgehaltes des Bodens, welche aus der Bilanzierung hervorgingen, konnten mit den Probeergebnissen nicht bestätigt werden.

Im Allgemeinen kam es über alle Varianten hinweg, zu einer signifikanten Erhöhung der Schwefel- und der Sulfatgehalte (Tabelle 11).

In einem Lysimeterversuch von HERNDL et al. (2009), wurde angemerkt, dass die Hauptniederschlagsmengen über die Wintermonate anfallen (HERNDL et al., 2009). Bei der Schlagbilanzierung wurde nur die Deposition während der Vegetationsperiode berücksichtigt, da sich die Berechnung sowie die Ziehung der Bodenproben auf diesen

Tabelle 9: Die summierten Inputfaktoren und abgezogenen Outputfaktoren der vier getesteten Varianten zusammengefasst in einer Schlagbilanzierung in kg/ha

Variante		S0	S30	S60	S90
+ Gülle	kg/ha	16,2	16,2	16,2	16,2
+ Anorganischer Dünger	kg/ha	0,0	30,0	60,0	90,0
+ Nasse Deposition	kg/ha	4,0	4,0	4,0	4,0
- Erntegut	kg/ha	30,8	30,8	32,7	33,0
- Auswaschung	kg/ha	4,0	4,0	4,0	4,0
= Saldo	kg/ha	-14,7	15,4	43,5	73,2

Tabelle 8: Die Veränderung des Pflanzenbestandes von 2016 auf 2017 zwischen den vier getesteten Varianten

Merkmal	S0		S30		S60		S90		p-Wert
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	
Weißklee	4,5	3,3	5,3	4,8	5,8	5,8	6,0	3,8	0,505
Leguminosen	4,8	6,3	6,1	4,6	4,5	3,0	6,2	4,2	0,104
Gräser	86,0 ^{bc}	87,5 ^{bc}	84,5 ^{cd}	89,3 ^{ab}	86,3 ^{bc}	91,8 ^a	81,8 ^d	89,0 ^{ab}	0,020
Kräuter	6,3	5,8	6,2	4,7	6,8	4,5	8,3	6,3	0,513

Tabelle 10: Die Schwefelgehaltswerte aller vier getesteten Varianten vom Frühjahr und vom Herbst 2016 in mg/kg Feinboden

	S0		S30		S60		S90		p-Wert
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	
Schwefel mg/kg	597,2	669,4	657,9	713,5	667,0	736,5	625,8	708,7	0,872

Tabelle 11: Die Bodenbeprobungsergebnisse des Frühjahres und des Herbstes nach der Königwassermethode in mg/kg Feinboden

	Frühjahr	Herbst	SEM	p-Wert
Schwefel, mg/kg	637,0 ^b	707,0 ^a	19,693	<,0001
Sulfat, mg/kg	23,9 ^b	56,4 ^a	1,498	<,0001

Zeitraum bezogen hatten. Durch diesen Sachverhalt wird die Menge an Schwefel, der über die nasse Deposition auf die Fläche eingebracht wird, deutlich unterschätzt. Weiters sind Bodenbeprobungen nur eine Momentaufnahme der Bodenmatrix, welche um aussagekräftige Daten über die Wirkung des Schwefels zu liefern, öfter wiederholt werden müssten. Somit kam man zu dem Schluss, dass die nassen Deposition der Wintermonate und somit auch das Nachlieferungsvermögen des Bodens bei der Schlagbillanzierung unterschätzt wurden. Diese genannten Gründe könnten die widersprüchlichen Ergebnisse der Bodenprobenergebnisse begründen, dass es auch ohne zusätzliche Schwefeldüngung zu keiner Ausdünnung des Bodens kommt.

Schlussfolgerung

Auch wenn die Schwefeldüngung bezüglich des TM-Ertrages und des Schwefel-Gehaltes im ersten Jahr keine signifikanten Ergebnisse lieferten, ließen sich dennoch Tendenzen in den Bereichen XP-Ertrag und NEL-Ertrag erkennen. Erklären lassen sich diese Ergebnisse mit der Wirkung des elementaren Schwefels, welcher zuerst durch die Bodenmikroben oxidiert werden müssten um Pflanzenverfügbar zu werden (WEN et al., 2003).

Zur besseren Beurteilung einer möglichen langfristigen Wirkung des Schwefels, wurde der beschriebene Versuch im Jahr 2017 fortgesetzt.

Literatur

- ABROL, Y.P., AHMAD, A., 2003: Sulphur in plants. Springer Science & Business Media.
- 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.
- ANDERL, M., GANGL, M., HAIDER, S., MOOSMANN, L., PAZDERNIK, K., POUPA, S., SCHIEDER, W., STRANNER, G., ZECHMEISTER, A., 2016: Emissionstrends 1990-2014. Umweltbundesamt GmbH, Wien.
- BOTHE, H., YATES, M.G., CANNON, F.C., 1983: Physiology, biochemistry and genetics of dinitrogen fixation. In: Inorganic Plant Nutrition. Springer, pp. 241-285.
- BÖHM, H., 2013: Auswirkungen einer Schwefeldüngung auf den Ertrag und die Nährstoffzusammensetzung eines Kleeergrasbestandes.
- DIEPOLDER, M., JAKOB, B., HEIGL, L., 2006: Untersuchungen zur Schwefelbelastung des Sickerwasser unter Dauergrünland. 50. Tagungsband 170-173.
- DIRKSEN, G., GRÜNDER, H.D., STÖBER, M.H., 2006: Innere Medizin und Chirurgie des Rindes [Internal medicine and surgery of bovine animals]. Parey in MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co. KG Stuttgart, Stuttgart.
- FISCHINGER, S.A., BECKER, K., LEITHOLD, G., 2011: Auswirkungen unterschiedlicher S Versorgungszustände auf den N Flächenertrag eines Luzerne-Kleeergrasbestandes.
- GRUBER, L., PRIES, M., SCHWARZ, F.J., SPIEKERS, H., STAUDA-CHER, W., 2006: Schätzung der Futteraufnahme bei der Milchkuh. DLG-Information 1, 1-29.
- BMLFUW, 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).
- HERNDL, M., BOHNER, A., KANDOLF, M., 2009: Gebirgs-Lysimeterstation am Stoderzinken-Erste Ergebnisse. na.
- HU, Z.Y., ZHAO, F.J., MCGRATH, S.P., 2005: Sulphur fractionation in calcareous soils and bioavailability to plants. Plant and soil 268, 103-109.
- KIRCHGEBNER, M., STANGL, G., SCHWARZ, F., ROTH, F., SÜDEKUM, K.-H., EDER, K., 2014: Tierernährung. DLG- Verlag GmbH, Frankfurt am Main.
- KOCH, C., LEHNEN, S., ROMBERG, F.J., STEINGAB, H., DUSEL, G., POTTHAST, C., SÜDEKUM, K.H.: Einsatz von Trockenschlempe (DDGS) und freien Aminosäuren (AS) in der Milchviehfütterung.
- MENGEL, K., 1961: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze.
- NRC, 2001: Nutrient requirements of dairy cattle, Washington, D.C.: National Academy Press. Volume 7. 131-132; 181-182.
- PULS, R., 1994: Mineral levels in animal health. Diagnostic data. Sherpa International. British Columbia, Canada.
- RESCH, R., GRUBER, L., 2015: Proteinfraktionen von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Konservierungsverfahren und Lagerungsdauer. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung 25, 26, HBLFA Raumberg-Gumpenstein.
- ROBSON, A.D., OSBORNE, L.D., SNOWBALL, K., SIMMONS, W.J., 1995: Assessing sulfur status in lupins and wheat. Animal Production Science 35, 79-86.
- SCHECHTNER, G., 1958: Grünlandsoziologische Bestandsaufnahme mittels „Flächenprozentschätzung“. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau 105, 33-43.
- VELIK, M., KNAUS, W., 2007: Optimierung der Proteinversorgung und Futterverwertung von Milchkuhen im ökologischen Grünland Österreichs, Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- WEN, G., SCHOENAU, J.J., MOOLEKI, S.P., INANAGA, S., YAMAMOTO, T., HAMAMURA, K., INOUE, M., AN, P., 2003: Effectiveness of an elemental sulfur fertilizer in an oilseed-cereal-legume rotation on the Canadian prairies. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 166, 54-60.