

Effekte einer Ergänzungsdüngung mit Phosphor und Schwefel auf intensiv genutzten Dauerweiden

Walter Starz^{1*}, Daniel Lehner¹, Hannes Rohrer¹ und
Andreas Steinwider¹

Zusammenfassung

Schwefel (S) als Düngemittel wird wieder verstärkt diskutiert, da die Einträge aus der Atmosphäre sinken. Da gerade Leguminosen einen erhöhten S-Bedarf aufwiesen, sind S-Dünger auch für die Bio-Landwirtschaft interessant. Daneben stellt Phosphor (P) einen weiteren wichtigen Nährstoff dar. Bio-Betriebe im Dauergrünland haben laut Bodenanalyse oft zu geringe P-Gehalte und auch ihre Bilanzen sind meist knapp positiv bis negativ. Welche Wirkung eine ergänzende Düngung von Rohphosphat und elementarem Schwefel auf die Ertragsfähigkeit von intensiv genutzten Dauerweiden hat, war Gegenstand eines vierjährigen Versuches (2018-2021) am Bio-Institut der HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

Bei den Jahreserträgen zeigte sich in keinem Versuchsjahr ein signifikanter Einfluss durch die Ergänzungsdüngung bzw. den Zeitpunkt der Nachsaat. Die Mengenerträge der vorliegenden Untersuchung sind für Dauerweiden auf dieser Höhenlage und unter Bio-Bedingungen mit um die 9.000-12.000 kg TM/ha als sehr hoch einzustufen. Die signifikante Änderung des Bestandes, durch eine Nachsaat im Sommer, konnte im vorliegenden Versuch zu keiner Steigerung der Erträge auf der Dauerweide führen. Trotz höherer S-Gehalte durch die Düngung mit elementarem Schwefel in den Weidefutterproben ist der Effekt sehr gering und der ökonomische Gewinn durch die mineralischen Ergänzungsdünger kaum bis nicht vorhanden. Wie bereits in anderen Studien kritisch angemerkt, sollte der aus der Bodenanalyse resultierende P_{CAL} -Gehalt nicht der einzige Entscheidungsfaktor für den P-Düngebedarf eines Grünlandstandortes sein.

Schlagwörter: Rohprotein, Mengenertrag, Gülle, Nachsaat, Biologische Landwirtschaft

Summary

Sulphur (S) as a fertiliser is being discussed more intensively again, as the inputs from the atmosphere are decreasing. Since legumes have an increased S requirement, S fertilisers are also interesting for organic agriculture. Phosphorus (P) is another important nutrient. According to soil analyses, organic farms in permanent grassland often have too low P contents, and their balances are usually just positive to negative. The effect of supplementary fertilisation with rock phosphate and elemental sulphur on the yield performance of intensively grazed sward was the subject of a four-year trial (2018-2021) at the Organic Farming Institute of the HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

In none of the trial years was there a significant influence of the supplementary fertilisation or the time of reseeding on the annual yields. The yields of the present study can be classified as very high for grazed swards at this altitude and under organic conditions, at around 9,000-12,000 kg DM ha⁻¹. In the present trial, the significant change in the botany of the stand due to reseeding in summer did

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

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

not lead to an increase in yields on the grazed sward. Despite higher S-contents through fertilisation with elemental sulphur in the grazing samples, the effect is very small and the economic gain through the mineral supplementary fertilisers is hardly non-existent. As already critically noted in other studies, the P_{CAL} content resulting from the soil analysis should not be the only decision-making factor for the P fertiliser requirement of a grassland site.

Keywords: crude protein, yield, slurry, reseeding, organic farming

Einleitung

Die Basis der Biologischen Landwirtschaft bildet die Bewirtschaftung des Betriebes in geschlossenen Stoffkreisläufen. Dieses Ideal zu erreichen ist jedoch fast unmöglich. Lediglich Betriebe mit einem größeren Umfang an Zukäufen erreichen ausgeglichene oder überschüssige Nährstoffbilanzen. Auf Grünlandbetrieben stellen Kraftfutter, Stroh und Mineralstoffmischungen die größten Nährstoffzugänge dar. Wird die Betrachtung der Stoffflüsse über den Betrieb hinaus gelegt so wird klar, dass es keine geschlossenen Kreisläufe gibt. Die zugekauften Betriebsmitteln kommen in der Regel von Ackerbaubetrieben, die diese Nährstoffe aus ihren Böden abgeben. Am Ende des Tages landen die Nährstoffe aus den Lebensmitteln bei den Konsumentinnen und Konsumenten und nehmen ihren Weg über das Abwassersystem und werden als Klärschlamm deponiert. Diese Tatsache ist nicht allein eine Herausforderung für die Biologische Landwirtschaft, sondern vielmehr der gesamten Landwirtschaft. Im Gegensatz zur konventionellen Wirtschaftsweise stehen Bio-Betrieben nur eine eingeschränkte Auswahl an möglichen Zukaufdüngern zur Verfügung. Aus diesem Grund muss gerade in der Biologischen Landwirtschaft ein starkes Augenmerk auf die betrieblichen Nährstoffkreisläufe gelegt werden, um langfristig nicht die Böden auszuhungern.

Je nach Höhe der zugekauften Kraftfutter- und Mineralstoff-Futtermittel werden die 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.

Die Phosphorbilanzen auf Bio-Grünlandbetrieben in Österreich sind in vielen Fällen schwach positiv bis negativ (Starz et al., 2013), was sich auch in niedrigen Phosphorgehalten in der Bodenlösung widerspiegelt (Weißensteiner et al., 2014). Phosphor (P) ist neben Schwefel (S) essenziell für ein optimales Wachstum der Leguminosen, die auch im Grünland eine sehr bedeutende Rolle für die Stickstoffbindung und die Bereitstellung von proteinreichem Grundfutter spielen. Da in der Bio-Landwirtschaft hauptsächlich Rohphosphate als Düngemittel zugelassen sind, verfügen diese über eine nicht allzu rasche Pflanzenverfügbarkeit.

Neben den drei Hauptnährstoffen Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) wird seit einigen Jahren dem Element Schwefel (S) wieder vermehrt Beachtung geschenkt. 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). Somit stellte die Schwefeldüngung lange Zeit 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-Gumpen-

stein 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).

Welche Wirkung eine ergänzende Düngung von Rohphosphat und elementarem Schwefel auf die Ertragsfähigkeit von intensiv genutzten Dauerweiden hat, war Gegenstand eines vierjährigen Versuches (2018-2021) am Bio-Institut der HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

Material und Methoden

Im vierjährigen Versuch (2018-2021) wurde auf einer bestehenden Dauerweidefläche am biologisch zertifizierten Versuchsbetrieb des Bio-Instituts der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Breite: 47° 30' 59,9" N, Länge: 14° 04' 17,8" E, 660 m Seehöhe, 6,9 °C Ø Temperatur, 1.142 mm Ø Jahresniederschlag) eine zweifaktorielle Spaltanlage angelegt. Dabei bildete eine jährliche Nachsaat (keine, jährlich im April und jährlich im August 10 kg/ha) mit einem Startstriegelgerät den ersten Faktor. Die eingesetzte Nachsaatmischung Kwei nach ÖAG-Mischung setzte sich aus den Arten *Trifolium repens*, *Lolium perenne* und *Poa pratensis* zusammen und wurde in den ersten drei Versuchsjahren (2018-2020) durchgeführt. Innerhalb jeder der drei Spalten befanden sich vier Parzellen (4 x 4 m) mit vier randomisierten Düngervarianten als zweiter Faktor. Alle Faktorstufen waren vierfach wiederholt. Die Versuchspartellen wurden mit 50 kg N/ha Gülle zu drei Terminen (im Frühling, im Sommer und im Herbst) gedüngt. Die Düngervarianten setzten sich aus der ersten Variante mit ausschließlich Gölledüngung (G), der zweiten mit G-Düngung ergänzt mit 30 kg/ha Rohphosphat (P, mehlfein mit 13 % P), der dritten mit G-Düngung ergänzt mit 50 kg/ha elementarem Schwefel (S, mehlfein mit 90 % S) und der vierten mit G-Düngung ergänzt mit 30 kg/ha P sowie 50 kg/ha S zusammen. Die biotauglichen, mineralischen Ergänzungsdünger wurden bei der ersten Göllegabe im Frühling (2018-2020) in Wasser eingerührt und anschließend wurde das Wasser-Düngergemisch mit speziell angefertigten Göllegießkannen auf den Parzellen ausgebracht. Laut den Bodenanalysen vor Versuchsbeginn lagen die P-Gehalte in 10 cm Bodentiefe bei durchschnittlich 39 mg P_{CAL}/kg Feinboden, was nach der Österreichischen Klassifizierung der Versorgungsstufe niedrig entsprach.

Die Bonitur der Pflanzenbestände wurde vor jeder Beerntung durchgeführt und dafür die Methode der wahren Deckung (Schechtner, 1958) herangezogen. Bei der wahren Deckung erfolgt eine Schätzung, wieviel die Pflanzenbasis in etwa von der Fläche einnimmt. Dabei kann die zur Schätzung herangezogene Bezugsbasis in Summe maximal 100 Flächen-% erreichen, aufgeteilt auf die Lücken (sichtbarer offener Boden) und die einzelnen Arten. Im Versuch wurden die Bestände auf zwei unterschiedliche Weisen erhoben. Zum einen als Schätzung der einzelnen Arten sowie als Artengruppen. Bei diesen wurden nicht die einzelnen Arten, sondern nur die Lücken (nicht bewachsende Fläche), Gräser, Leguminosen und übrigen Kräuter erhoben. Bei der Bonitur mit dieser Methode wurden zuerst jene Anteile mit einem geringen Auftreten auf der Fläche geschätzt. Dabei wurde zuerst der Anteil an Lücken ermittelt, gefolgt von den Leguminosen und in weiter Folge die Summe der Kräuter. Der Rest auf 100 Flächen-% ergab somit rechnerisch die Gräser. Bei der Einschätzung der einzelnen Arten wurde wieder nach demselben Prinzip vorgegangen und zuerst die Arten mit der geringsten Flächendeckung bestimmt. Damit die Konzentration hauptsächlich auf die optische Bewertung des Bestandes gelegt werden konnte, wurde eine mit Formeln versehene Exceldatei angelegt und die Eintragung der ermittelten Artengruppen bzw. Arten wurde auf einem iPad durchgeführt.

Zur Ertragsfeststellung kamen Weidekörbe zum Einsatz. Diese hatten eine Grundfläche von 1 m² und waren als Würfel (1 m³) mit einem feinmaschigen Gitter umspannt. Die Fixierung der Körbe auf der Fläche erfolgte durch 20 cm lange Dornen (an den vier Ecken der Grundfläche) die in den Boden gedrückt wurden. Der Mähzeitpunkt in den Weidekörben wurde mittels wöchentlicher Messungen an 10 Weißklee pflanzen und einem Meterstab durch den Weidekorb ermittelt. Sobald ein durchschnittlicher Aufwuchs von 8

cm in den Weidekörben erreicht war, erfolgte die Nutzung des Aufwuchses. Dies führte zu 7 bzw. 8 Ernten in den Versuchsjahren 2018-2021. Bevor die Weidekörbe an einer neuen Stelle in der Parzelle positioniert wurden (innerhalb der 4 x 4 m Parzelle auf einer neuen Position), erfolgte zuerst ein Abmähen (mittels Rasenmäher) der Fläche auf die Erntehöhe von 3-4 cm. So konnte sichergestellt werden, dass bei der nächsten Beerntung in den Weidekörben immer nur der Zuwachs in der Zeit seit der Aufstellung gemessen wurde. Bevor die Weidekörbe zur Beerntung abgenommen wurden, erfolgte ein Abmähen des Aufwuchses rund um die Weidekörbe mittels Handgartenscheren. Nach Abnahme der Körbe wurde der auf dem 1 m² stehende Aufwuchs eines jeden Weidekorbes getrennt mit Akku-Handgartenscheren abgemäht. Diese hatten standardmäßig einen Gleitbügel, der eine gleichmäßige Schnitthöhe von 3-4 cm sicherstellte. Das Erntegut einer jeden Parzelle wurde anschließend mit Handrechen zusammengekratzt und in einen Kübel gegeben. Das frische Material wurde direkt auf der Fläche mittels Hängewagen gewogen. Im Anschluss kam das Erntegut in einen Kunststoff sack, um so die Verdunstung im Freien zu reduzieren. Ein Teil dieser Probe wurde, zur Trockenmasse-Bestimmung, über 48 Stunden im Trockenschrank bei 105 °C auf Gewichtskonstanz getrocknet. Aus einem weiteren Teil der frischen Probe wurden vom schonend getrockneten Material (bei 45 °C) die Roh Nährstoffe, die Mineralstoffe (aus säurebehandelter XA im ICP) sowie der S-Gehalt mittels Verbrennungsmethode (Elementaranalyse im Vario max CN) im hauseigenen Labor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein analysiert.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mittels Proc Mixed (SAS 9.4). Dabei bildeten die Wechselwirkung aus Wiederholung und dem Faktor Nachsaat die Messwiederholung (repeated/subject). Als Hauptfaktoren wurden im Modell die Nachsaat, die Düngerart bzw. der Aufwuchs sowie deren Wechselwirkung gewählt. Die Ergebnisse werden auf einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$ als Least Square Means mit dem Standardfehler angegeben und für den Mittelwertvergleich wird der t-Test verwendet.

Ergebnisse

Im ersten Versuchsjahr konnten sowohl bei den vier Dünger- als auch bei den drei Nachsaatvarianten nur geringfügige signifikante Unterschiede festgestellt werden (Tabelle 1). Die zusätzlich mit Schwefel versorgte Variante zeigte signifikant niedrigere Anteile an Gräsern im Vergleich zu der nicht mineralisch und mit Rohphosphat ergänzten Variante. Der Faktor Nachsaat zeigte die niedrigsten Krautanteile bei der im Sommer nachgesäten Variante und dafür wies diese die signifikant höchsten Anteile an *Poa supina* auf.

Im letzten Versuchsjahr 2021 konnten bei allen Artengruppen sowohl für den Faktor Ergänzungsdüngung als auch Nachsaatzeitpunkt, signifikante Unterschiede beobachtet werden (Tabelle 2). Hinsichtlich des Faktors Nachsaat zeigte die im Sommer nachgesäten Weidevariante die niedrigsten Krautanteile von 35 Flächen-% und dafür die höchsten Gräseranteile von 53 Flächen-%. Innerhalb der Gruppe der Gräser profitierte vor allem *Lolium perenne* von der Nachsaat im Sommer und konnte im letzten Versuchsjahr mit 30 Flächen-% die höchsten Anteile erzielen.

Im ersten (2018) und letzten Versuchsjahr (2021) konnte eine ähnliche Entwicklung während der Vegetationsperiode, wenn auch in unterschiedlichen Dimensionen, beobachtet werden (Abbildung 1). In beiden Jahren kam es zu einer Zunahme der Artengruppen an Kräutern, die in erster Linie aus den Arten *Taraxacum officinale* und *Ranunculus repens* gebildet wurde. Im letzten Versuchsjahr kam es zum Herbst hin (Termin 7) zu einer starken Zunahme der Kräuter und dafür starken Abnahme der Leguminosen sowie *Lolium perenne*. Bei den Jahreserträgen zeigte sich in keinem Versuchsjahr ein signifikanter Einfluss durch die Ergänzungsdüngung bzw. den Zeitpunkt der Nachsaat (Tabelle 3). Lediglich im Versuchsjahr 2020 konnte bei den P-Erträgen mit 60,5 kg/ha der signifikant höchste Wert in der nur mit Gülle ergänzten Weidevariante gemessen werden. Unterschiedliche Mengererträge zeigten die einzelnen Versuchsjahre, die sich aber über alle Varianten hinweg ähnlich verhielten.

Tabelle 1: Zusammensetzung des durchschnittlichen Pflanzenbestandes im ersten Versuchsjahr 2018 für den Faktor Gülleedüngung plus mineralische Ergänzung mit Phosphor und/oder Schwefel und den Faktor Nachsaatzeitpunkt (Frühling oder Sommer) und sowie die statistischen Kennzahlen

Parameter 2018	Einheit	Düngung (D)			SEM	ohne	Nachsaat (N)		SEM	p-Wert			
		G	GP	GS			GSP	Frühling		Sommer	D	N	A
Lücken	Flächen-%	0,9	0,1	0,1	0,04	0,1	0,1	0,1	0,04	0,585	0,066	<0,001	0,021
Leguminosen	Flächen-%	12,9	12,4	13,7	0,73	13,1	13,2	13,0	0,68	0,584	0,983	<0,001	0,489
Kräuter	Flächen-%	17,5	18,1	19,8	0,67	19,9	18,3	17,5	0,60	0,102	0,022	<0,001	0,080
Gräser	Flächen-%	68,9	69,5	66,5	0,78	66,9	68,4	69,4	0,80	0,028	0,097	<0,001	0,233
<i>Lolium perenne</i>	Flächen-%	34,6	34,9	34,0	0,62	34,2	34,8	34,2	0,57	0,639	0,713	<0,001	0,054
<i>Poa pratensis</i>	Flächen-%	18,7	19,2	17,4	0,42	18,2	18,9	18,4	0,38	0,020	0,394	<0,001	0,454
<i>Poa supina</i>	Flächen-%	6,8	5,9	5,3	0,53	5,1	5,4	7,5	0,59	0,175	0,009	<0,001	0,007
Sonstige Gräser	Flächen-%	8,9	9,3	9,9	0,42	9,5	9,4	9,2	0,37	0,431	0,890	<0,001	0,985

Abkürzungen:

Düngung: G (ausschließlich Gülle), GP (Gülle + Rohphosphat), GS (Gülle + element. Schwefel) und GSP (Gülle + element. Schwefel und Rohphosphat)

p-Wert: Signifikanzwert, SEM: Standardfehler, A: Aufwuchs, abc bzw. ABC: t-Test

Tabelle 2: Zusammensetzung des durchschnittlichen Pflanzenbestandes im letzten Versuchsjahr 2021 für den Faktor Gülleedüngung plus mineralische Ergänzung mit Phosphor und/oder Schwefel und den Faktor Nachsaatzeitpunkt (Frühling oder Sommer) und sowie die statistischen Kennzahlen

Parameter 2021	Einheit	Düngung (D)			SEM	ohne	Nachsaat (N)		SEM	p-Wert			
		G	GP	GS			GSP	Frühling		Sommer	D	N	A
Lücken	Flächen-%	0,9	2,4	1,4	0,39	1,2	1,1	1,9	0,34	0,028	0,167	0,001	0,342
Leguminosen	Flächen-%	12,9	10,0	10,1	0,80	10,0	12,7	10,6	0,64	0,044	0,009	<0,001	0,744
Kräuter	Flächen-%	34,2	37,0	40,6	1,05	39,6	38,3	34,6	0,86	0,001	0,001	<0,001	0,824
Gräser	Flächen-%	52,0	50,6	49,2	1,02	49,1	47,9	52,9	0,84	0,047	0,001	<0,001	0,378
<i>Lolium perenne</i>	Flächen-%	29,2	27,6	26,6	0,73	26,6	26,9	29,6	0,60	0,085	0,001	<0,001	0,452
<i>Poa pratensis</i>	Flächen-%	13,1	13,0	12,0	0,37	12,9	12,1	13,0	0,31	0,204	0,058	<0,001	0,590
<i>Poa supina</i>	Flächen-%	3,2	2,8	2,4	0,22	2,7	2,4	3,1	0,19	0,087	0,036	<0,001	0,089
Sonstige Gräser	Flächen-%	6,5	7,1	7,1	0,31	6,9	6,5	7,1	0,28	0,384	0,338	<0,001	0,683

Abkürzungen:

Düngung: G (ausschließlich Gülle), GP (Gülle + Rohphosphat), GS (Gülle + element. Schwefel) und GSP (Gülle + element. Schwefel und Rohphosphat)

p-Wert: Signifikanzwert, SEM: Standardfehler, A: Aufwuchs, abc bzw. ABC: t-Test

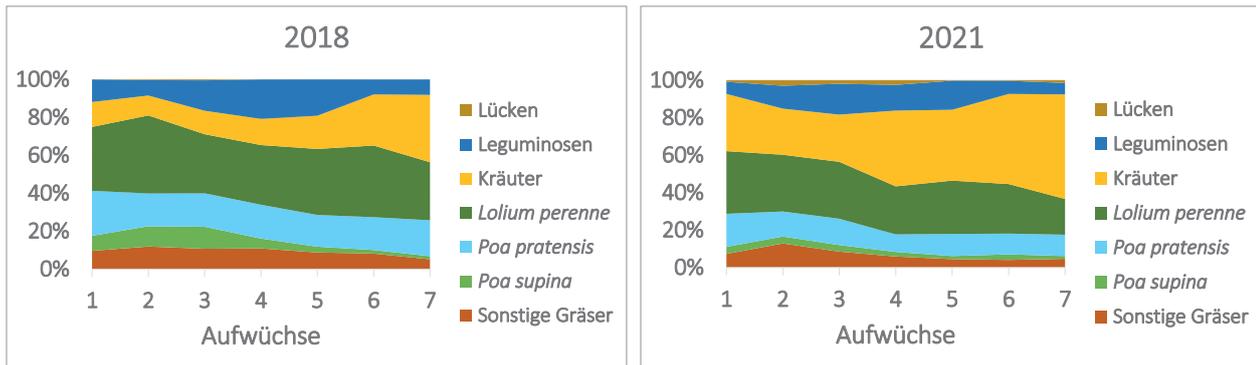


Abbildung 1: Entwicklung der Artengruppen- und Gräserarten während der Vegetationsperiode 2018 (links) und 2021 (rechts) im Mittel aller Varianten in Flächen-%

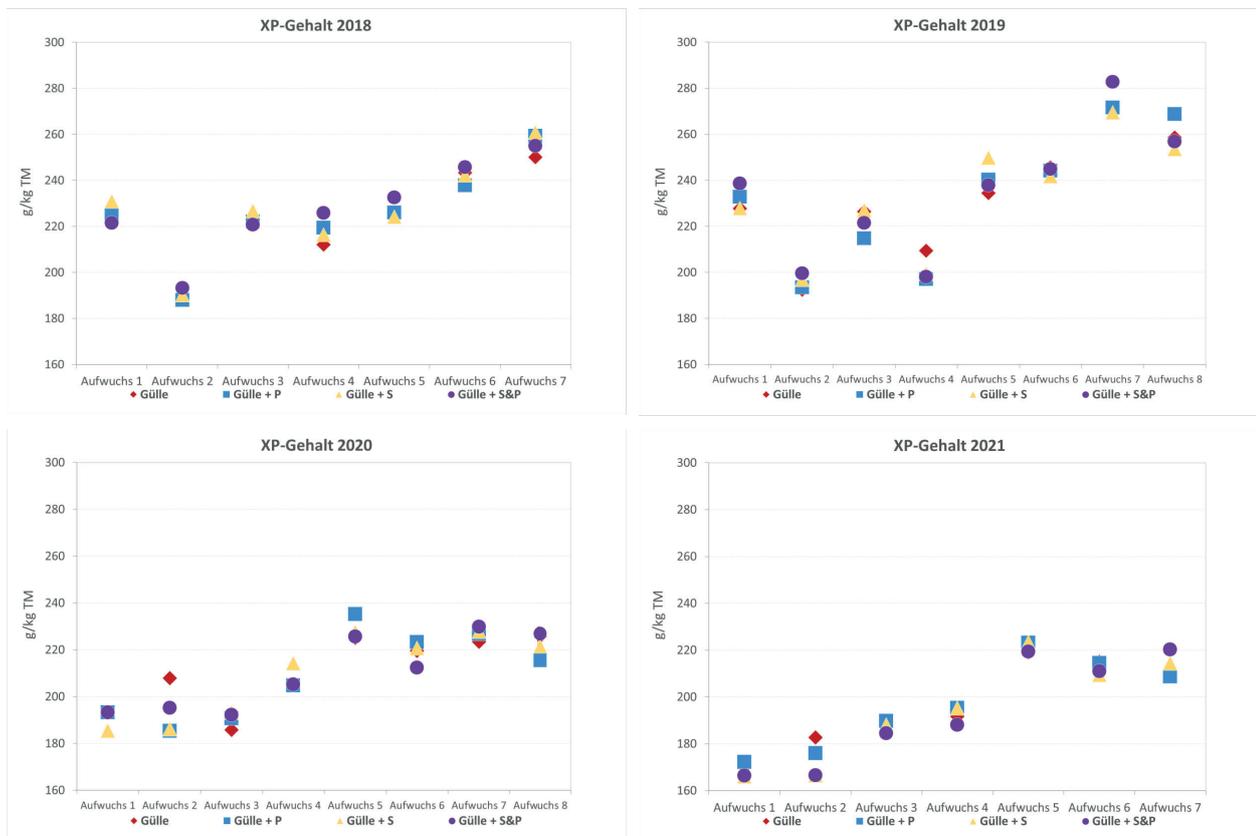


Abbildung 2: Rohprotein-Gehalte (XP) der Weidefutterproben im Mittel aller Varianten während der Vegetationsperiode (Aufwuchs 1-7 bzw. 8) in jedem der vier Versuchsjahre (2018-2021)

Während der Weideperiode zeigten die Inhaltstoffe geringe Unterschiede für den Faktor Düngung. Die Rohprotein-Gehalte bewegten sich zwischen 166 und 283 g/kg TM in den vier Jahren, wobei in jedem Jahr die Gehalte bis zum Herbst hin anstiegen (Abbildung 2). Signifikante Unterschiede auf Ebene der Düngervarianten konnten nicht beobachtet werden.

Ähnlich zu den Rohprotein-Gehalten verliefen auch die Phosphor-Gehalte (Abbildung 3). Diese stiegen bis zum Sommer hin an vielen dann zum Herbst hin wieder leicht. Nur im letzten Versuchsjahr konnten auf Ebene der Düngervarianten signifikante Unterschiede

Tabelle 3: Trockenmasse- (TM-Ertrag), Rohprotein- (XP-Ertrag), Phosphor- (P-Ertrag) und Schwefelertrag (S-Ertrag) in jedem Versuchsjahr (2018-2021) für den Faktor Gülledüngung plus mineralische Ergänzung mit Phosphor und/oder Schwefel und den Faktor Nachsaatzeitpunkt (Frühling oder Sommer) sowie die statistischen Kennzahlen

Parameter	Einheit	Düngung (D)				Nachsaat (N)				p-Wert			
		G	GP	GS	GSP	SEM	ohne	Frühling	Sommer	SEM	D	N	D * N
TM-Ertrag 2018	kg TM/ha	11 468	11 747	11 694	11 146	386	11 668	11 381	11 493	297	0,710	0,792	0,958
TM-Ertrag 2019	kg TM/ha	11 737	12 397	11 577	12 106	417	12 350	11 479	12 034	312	0,545	0,196	0,497
TM-Ertrag 2020	kg TM/ha	12 931	12 385	11 815	11 741	374	12 619	11 847	12 189	397	0,077	0,439	0,323
TM-Ertrag 2021	kg TM/ha	9 209	9 229	8 690	9 084	449	8 712	9 068	9 380	392	0,815	0,506	0,301
XP-Ertrag 2018	kg/ha	2 580	2 677	2 684	2 555	107	2 644	2 602	2 627	80	0,788	0,934	0,914
XP-Ertrag 2019	kg/ha	2 737	2 915	2 704	2 864	114	2 899	2 662	2 854	89	0,546	0,193	0,459
XP-Ertrag 2020	kg/ha	2 683	2 565	2 437	2 424	96	2 589	2 471	2 521	109	0,128	0,756	0,332
XP-Ertrag 2021	kg/ha	1 833	1 849	1 719	1 793	100	1 699	1 816	1 881	90	0,792	0,384	0,349
P-Ertrag 2018	kg/ha	54,5	56,8	55,1	54,5	1,73	56,2	54,0	55,4	1,47	0,769	0,570	0,918
P-Ertrag 2019	kg/ha	50,6	53,5	49,5	52,5	1,60	53,0	49,7	51,9	1,04	0,360	0,121	0,727
P-Ertrag 2020	kg/ha	60,5	58,4	53,4	54,9	1,71	58,0	55,3	57,1	1,52	0,028	0,478	0,364
P-Ertrag 2021	kg/ha	39,5	40,6	37,3	40,3	1,93	37,7	39,9	40,6	1,83	0,582	0,536	0,258
S-Ertrag 2018	kg/ha	34,8	35,8	36,2	33,9	1,37	35,5	34,5	35,5	1,06	0,647	0,745	0,827
S-Ertrag 2019	kg/ha	34,3	36,8	35,1	37,3	1,16	36,8	34,9	36,0	0,88	0,270	0,363	0,469
S-Ertrag 2020	kg/ha	43,3	42,0	39,9	40,4	1,30	42,6	40,2	41,4	1,28	0,222	0,463	0,477
S-Ertrag 2021	kg/ha	28,2	28,5	27,3	28,2	1,43	27,1	28,0	29,1	1,28	0,935	0,566	0,319

Abkürzungen:

Düngung: G (ausschließlich Gülle), GP (Gülle + Rohphosphat), GS (Gülle + element. Schwefel) und GSP (Gülle + element. Schwefel und Rohphosphat)

p-Wert: Signifikanzwert, SEM: Standardfehler, A: Aufwuchs, abc bzw. ABC: t-Test

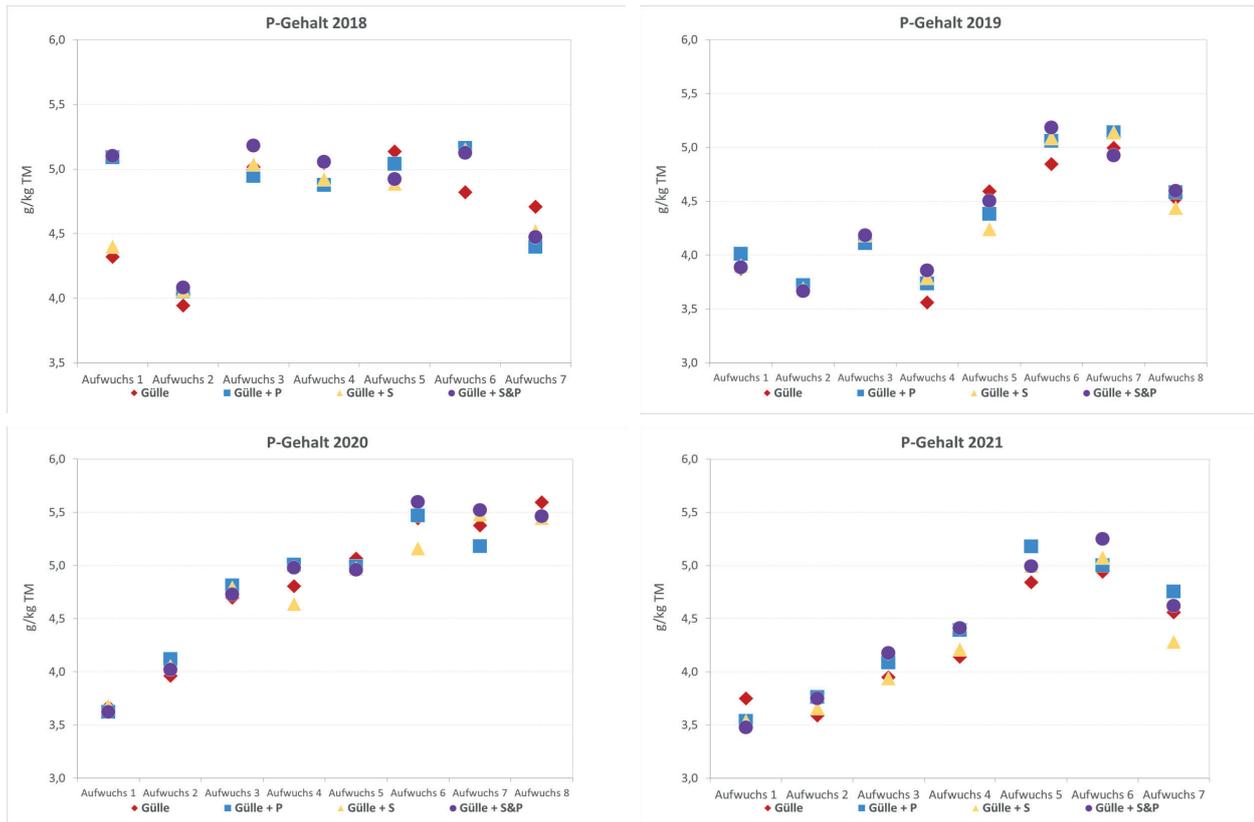


Abbildung 3: Phosphor-Gehalte (P) der Weidefutterproben im Mittel aller Varianten während der Vegetationsperiode (Aufwuchs 1-7 bzw. 8.) in jedem der vier Versuchsjahre (2018-2021)

festgestellt werden. Variante GP erzielte mit 4,39 g/kg TM die signifikant höchsten P-Gehalte gegenüber den Varianten G (4,25 g/kg TM) und GS (4,24 g/kg TM). Variante GPS lag mit 4,38 g/kg TM dazwischen.

Diskussion und Schlussfolgerung

Die positive Wirkung einer S-Düngung auf Klee grasbestände (Böhm, 2016) und die damit einhergehende positive Entwicklung der Futterleguminosen konnte in der vorliegenden Untersuchung für das Dauergrünland bzw. auf einer Dauerweide nicht bestätigt werden. Zwischen dem ersten Versuchsjahr (2018) und dem letzten (2021) waren die Flächen-% bei der Artengruppe der Leguminosen kaum verändert. In der vorliegenden Untersuchung bildete die Gruppe der Leguminosen ausschließlich *Trifolium repens*, was für Dauerweiden typisch ist. Untersuchungen in Neuseeland zeigten, dass sich bei Koppelweide mit Rindern *Trifolium repens* besser entwickeln konnte als bei der Beweidung mit Schafen (Davies, 2001). Dieser Effekt wird zurückgeführt auf eine hohe Besatzdichte und das tiefere Abgrasen durch Schafe. So gingen die Anteile an *Trifolium repens* bei hohen Besatzdichten bei Beweidung mit Schafen deutlicher als bei geringer Dichte zurück (Curll und Wilkins 1982). Gerade *Lolium perenne* lässt sich mittels Nachsaat gut in bestehenden Beständen etablieren, was bereits Huguenin-Elie et al. (2006) zeigen konnten und durch die vorliegende Untersuchung bestätigt wird. *Lolium perenne* zählte in den gemäßigten Klimazonen (hier besonders in Westeuropa, Australien und Neuseeland) immer schon zu den dominantesten Grasarten (Wilkins und Humphreys, 2003).

Die Mengenerträge der vorliegenden Untersuchung sind für Dauerweiden auf dieser Höhenlage und unter Bio-Bedingungen mit 9.000-12.000 kg TM/ha als sehr hoch ein-

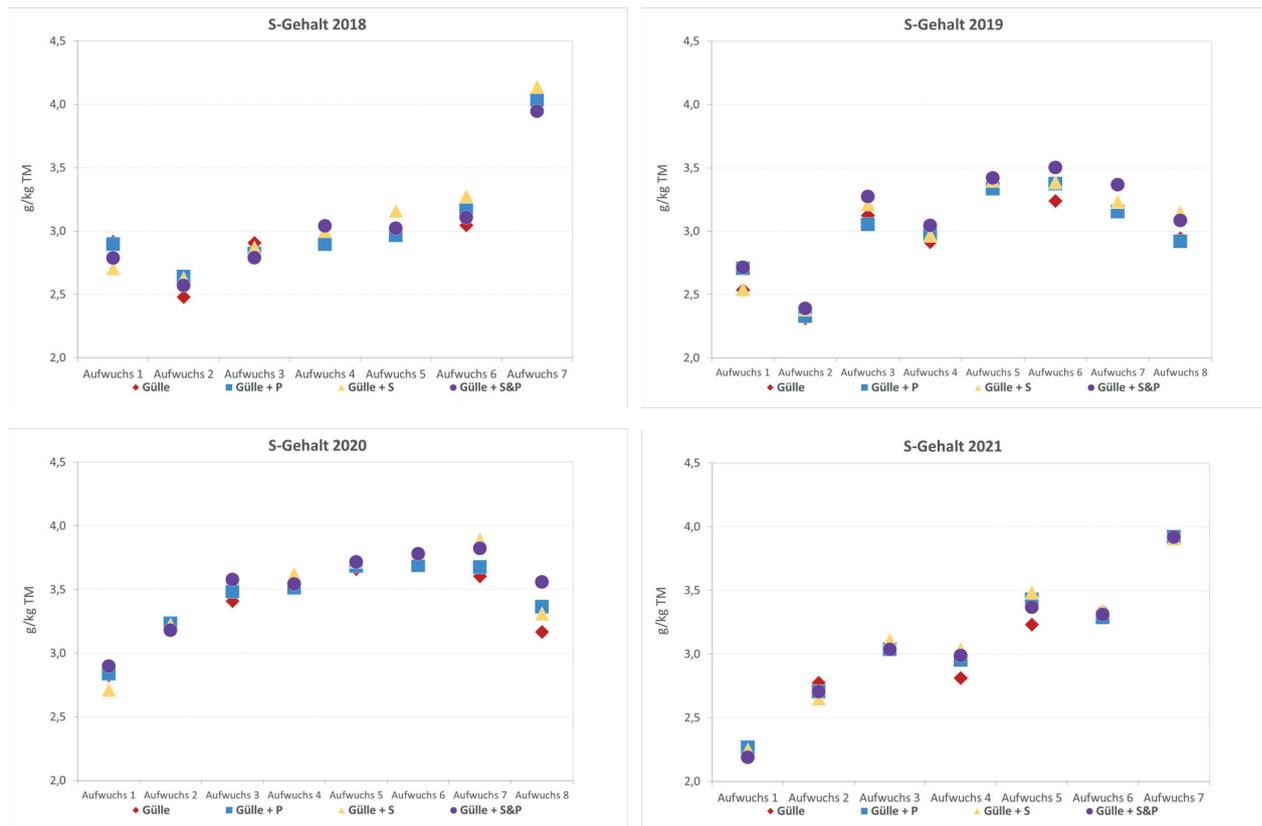


Abbildung 4: Schwefel-Gehalte (S) der Weidefutterproben im Mittel aller Varianten während der Vegetationsperiode (Aufwuchs 1-7 bzw. 8.) in jedem der vier Versuchsjahre (2018-2021)

zustufen. Die signifikante, botanische Änderung des Bestandes, durch eine Nachsaat im Sommer, konnte im vorliegenden Versuch zu keiner Steigerung des Ertrages auf der Dauerweide führen. Obwohl für die Bio-Landwirtschaft am Dauergrünland fast ausschließlich Rohphosphate als P-Dünger zur Verfügung stehen und bekannt ist, dass diese eine verzögerte Düngerwirkung zeigen (Oliveira et al., 2015), ist es fraglich, ob auf dem Ertragsniveau des vorliegenden Standortes noch weitere Ertragssteigerungen möglich bzw. sinnvoll sind.

Ertragssteigernde Effekte durch eine S-Düngung auf Grünlandbeständen konnte im Gegensatz zu Studien aus Belgien (Mathot et al., 2008) und Irland (Aspel et al., 2022) in der vorliegenden Arbeit nicht nachgewiesen werden. Aspel et al. (2022) konnten in ihrer Studie zeigen, dass es durch die S-Düngung zu einer besseren N-Ausnutzung kam, da nicht nur der Mengenertrag gesteigert wurde, sondern sich auch der N-Entzug erhöhte. Ebenso war die Nitratauswaschung auf dem Reinbestand aus *Lolium perenne* geringer. Da diese Studien im Schnittsystem und nicht bei Beweidung durchgeführt wurden, dürfte auch das Nutzungssystem einen Einfluss auf die Wirkung der mineralischen Ergänzungsdünger zeigen.

Die P-Entzüge in der vorliegenden Untersuchung von 37 bis 61 kg/h stehen der über Gülle gedüngten Menge von durchschnittlich 8 kg/ha und Jahr P gegenüber. Beim Schwefel lagen die Entzüge bei 27-43 kg /ha und über die Gülle kam im Schnitt 6 kg/ha und Jahr zurück. Hinzu käme noch die direkt über die Tiere auf der Weide ausgeschiedene Menge, die jedoch nicht diese Entzüge ausgleichen könnten. Diese negativen Bilanzen zeigen gerade beim P, dass im Boden vorhandene Pools herangezogen werden. Die vielfach aus den PCAL-Gehalten der Bodenanalyse abgeleiteten Düngerempfehlung wird bereits von anderen Studien hinterfragt (von Sperber et al., 2017, Weißensteiner

et al., 2014). Gerade die hohen Humusgehalte von 11 % (0-10 cm) des Versuchsstandortes stellen einen großen Pool an organisch gespeichertem P aber auch an S dar. Den Vorteil einer kombinierten Düngung von Rohphosphat und elementarem Schwefel im Dauergrünland konnte die vorliegende Untersuchung nicht nachweisen. Auch in einer Untersuchung bei Körnerleguminosen konnte kein Effekt durch die Kombination der beiden mineralischen Dünger festgestellt werden (Köpke et al., 2016).

Bei niedrigen P-Gehalten in den Böden des Bio-Grünlandes sollte nicht ausschließlich die Bodenanalyse als Entscheidungsgrundlage für eine mineralische P-Düngung herangezogen werden. Zudem erlaubt diese nicht immer einen Rückschluss auf die Ertragsfähigkeit des Grünlandstandortes. Trotz höherer S-Gehalte durch die Düngung mit elementarem Schwefel in den Weidefutterproben ist der Effekt sehr gering und der ökonomische Gewinn kaum bis nicht vorhanden. Die günstigere Ausnutzung des im Boden vorhandenen Stickstoffs durch eine ergänzende S-Düngung ist irgendwann erschöpft, wenn jährlich dieselben Wirtschaftsdüngermengen ausgebracht werden.

Da der P_{CAL} nicht den komplett verfügbaren P im Dauergrünlandboden darstellt, sollte bei Beratungen und dem Treffen von Entscheidungshilfen auf den Betrieben auch einer Optimierung der Verteilung der Wirtschaftsdüngermengen sowie einer Umsetzung einer biodiversitätsfördernden, abgestuften Grünlandnutzung starke Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Literaturverzeichnis

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.

Aspel, C.; Murphy, P.N.C.; McLaughlin, M.J. und Forrestal, P.J., 2022: Sulfur fertilization strategy affects grass yield, nitrogen uptake, and nitrate leaching: A field lysimeter study. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 185 (2), 209-220.

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.

Curll, M.L. und Wilkins, R.J., 1982: Frequency and severity of defoliation of grass and clover by sheep at different stocking rates. *Grass and Forage Science* 37 (4), 291-297.

Davies, A., 2001: Competition between Grasses and Legumes in Established Pastures. In Tow und Lazenby (Eds.): *Competition and succession in pastures*, CABI, 63-83.

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.

Huguenin-Elie, O.; Stutz, C.J.; Lüscher, A. und Gago, R., 2006: Wiesenverbesserung durch Übersaat. *Agrarforschung* 13 (10), 424-429.

Köpke, U.; Rauber, R. und Schmidtke, K., 2016: Optimierung der Unkrautregulation, Schwefel- und Phosphorverfügbarkeit durch Unterfußdüngung bei temporärer Direktsaat von Ackerbohne und Sojabohne, Universität Bonn, Universität Göttingen und Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, 171 S.

Mathot, M.; Mertens, J.; Verlinden, G. und Lambert, R., 2008: Positive effects of sulphur fertilisation on grasslands yields and quality in Belgium. *European Journal of Agronomy* 28 (4), 655-658.

Oliveira, L.B.; Soares, E.M.; Jochims, F.; Tiecher, T.; Marques, A.R.; Kuinchtner, B.C.; Rheinheimer, D.S. und Quadros, F.L.F.d., 2015: Long-Term Effects of Phosphorus on Dynamics of an Overseeded Natural Grassland in Brazil. *Rangeland Ecology and Management* 68 (6), 445-452, 8.

Schechtner, G. (1958): Grünlandsoziologische Bestandesaufnahme mittels „Flächenprozentschätzung“. *Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau* 105 (1), 33-43.

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, Irdning, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 07.11.2013, 107-110.

von Sperber, C.; Stallforth, R.; Du Preez, C. und Amelung, W., 2017: Changes in soil phosphorus pools during prolonged arable cropping in semiarid grasslands. *European Journal of Soil Science* 68 (4), 462-471.

Weißensteiner, C.; Friedel, J.K. und Bohner, A., 2014: Phosphorbilanzen und Phosphorvorräte im Dauergrünland-Eine Untersuchung im Steirischen Ennstal und Steirischen Salzkammergut. Fachtagung für biologische Landwirtschaft - Internationale Bio-Forschungsergebnisse aus Core Organic II sowie Düngekonzepte im Bio-Grünland, Irdning, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 06.11.2014, 37-43.

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.

Wilkins, P.W. und Humphreys, M.O., 2003: Progress in breeding perennial forage grasses for temperate agriculture. *The Journal of Agricultural Science* 140 (2), 129-150.

