

# Auswirkungen einer kombinierten Düngung von Rohphosphat und elementarem Schwefel auf die Ertragsfähigkeit einer Schnittwiese im Klima der Ostalpen

Starz W<sup>1</sup>, Lehner D<sup>1</sup> & Steinwider A<sup>1</sup>

*Keywords: Ertrag, Biologische Landwirtschaft, Blattflächenindex, Phosphor, Gülle*

## Abstract

*Phosphorus is an essential element in plant and animal nutrition. According to soil analysis, organic farms in permanent grassland have insufficient P contents and their balances are also usually just positive to negative. Since in organic farming almost only rock phosphate is available, a trial was set up by the Organic Institute of the HBLFA Raumberg-Gumpenstein on a permanent grassland area with a combined fertilisation of rock phosphate and elemental sulphur.*

*In the trial, which ran from 2018-2021, no yield-increasing effect was observed. Yields were at a very high level of 11,921 kg DM ha<sup>-1</sup> (2021) and 16,082 kg DM ha<sup>-1</sup> (2020) in all variants. Although only 20-25 kg P ha<sup>-1</sup> per year were applied via manure, the P yields per year were 41.7-69.2 kg ha<sup>-1</sup>. As already critically noted in other studies, the P<sub>CAL</sub> content resulting from the soil analysis should not be the only decision factor for the P fertiliser requirement of a grassland site.*

## Einleitung und Zielsetzung

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. Inwieweit eine Verbesserung der Wirkung mit einer kombinierten Düngung von elementarem S erreicht werden kann, war Gegenstand einer Untersuchung auf einer Dauergrünlandfläche. Dabei war der Fokus sowohl auf die Mengen- und Rohproteinerträge als auch auf die Entzüge von P und S im Dauergrünland gerichtet.

## Methoden

Im vierjährigen Versuch (2018-2021) wurde auf einer bestehenden Dauergrünlandfläche am biologisch zertifizierten Versuchsbetrieb des Bio-Instituts der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Breite: 47° 30' 52" N, Länge: 14° 3' 50" E, 740 m Seehöhe, 6,9 °C Ø Temperatur, 1.142 mm Ø Jahresniederschlag) eine zweifaktorielle

---

<sup>1</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, Raumberg 38, 8952, Irding-Donnersbachtal, Österreich, [walter.starz@raumberg-gumpenstein.at](mailto:walter.starz@raumberg-gumpenstein.at), [raumberg-gumpenstein.at/bio-institut](http://raumberg-gumpenstein.at/bio-institut)

Spaltanlage angelegt. Dabei bildete eine jährliche Nachsaat (keine, jährlich im April und jährlich im August  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  Nachsaat-Mischung Ni, bestehend aus *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Phleum pratense*, *Poa pratensis*, *Trifolium repens* und *Trifolium pratense*) mit einem Starktriegelgerät den ersten Faktor. Innerhalb jeder der drei Spalten befanden sich vier Parzellen ( $4 \times 4 \text{ m}$ ) mit vier randomisierten Düngervarianten als zweiter Faktor. Alle Faktorstufen waren vierfach wiederholt. Die Versuchspartellen wurden mit  $140 \text{ kg N ha}^{-1}$  Gülle zu fünf Terminen (im Frühling und nach jedem der 4 Schnitte) gedüngt. Die Düngervarianten setzten sich aus der ersten Variante mit ausschließlich Gülledüngung (G), der zweiten mit G-Düngung ergänzt mit  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  Rohphosphat (P, mehlfein mit 13 % P), der dritten mit G-Düngung ergänzt mit  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  elementarem Schwefel (S, mehlfein mit 90 % S) und der vierten mit G-Düngung ergänzt mit  $30 \text{ kg P ha}^{-1}$  sowie  $50 \text{ kg S ha}^{-1}$  zusammen. Die biotauglichen, mineralischen Ergänzungsdünger wurden bei der ersten Güllegabe im Frühling (2018-2020) in Wasser eingerührt und anschließend wurde das Wasser-Düngergemisch mit speziell angefertigten Güllegießkannen auf den Parzellen ausgebracht. Laut den Bodenanalysen vor Versuchsbeginn lagen die P-Gehalte in 10 cm Bodentiefe bei durchschnittlich  $39 \text{ mg P}_{\text{CAL}} \text{ kg}^{-1}$  Feinboden, was nach der Österreichischen Klassifizierung der Versorgungstufe niedrig entsprach. Vor jedem Schnitt erfolgte die Messung des Blattflächenindex (LAI) mit dem Gerät AccuPAR LP-80 an der Bodenoberfläche im Bestand.

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, zur Trockenmasse-Bestimmung, über 48 Stunden im Trockenschrank bei  $105 \text{ °C}$  auf Gewichtskonstanz getrocknet. Aus einem weiteren Teil der Probe wurden vom schonend getrockneten Material (bei  $45 \text{ °C}$ ) die Rohnährstoffe, 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 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

Eine positive Entwicklung der Futterleguminosen *Trifolium pratense* und *Trifolium repens* konnte während der Versuchszeit nicht beobachtet werden. Es kam über die vier Versuchsjahre zu einer generellen Abnahme der Anteile von 12,7 (2018) auf 2,8 (2012) Flächen-% über alle Varianten hinweg.

Die Mengenerträge zeigten in jedem der vier Versuchsjahre weder für den Faktor Nachsaat noch für den Faktor Ergänzungsdüngung signifikante Unterschiede (Tabelle 1). Wie bereits die Mengenerträge zeigten auch die Erträge an P und S keine signifikanten Unterschiede auf Ebene der Düngervarianten (Tabelle 2). Im Vergleich mit den Mengenerträgen zeigte sich lediglich, dass die P- und S-Erträge mit den Trockenmasseerträgen ansteigen oder fielen. So wurden im Jahr 2020 die numerisch höchsten Erträge mit  $16.082 \text{ kg TM ha}^{-1}$ ,  $69,2 \text{ kg P ha}^{-1}$ ,  $54,5 \text{ kg S ha}^{-1}$  und 2021 die niedrigsten Erträge mit  $11.921 \text{ kg TM ha}^{-1}$ ,  $41,7 \text{ kg P ha}^{-1}$ ,  $33,1 \text{ kg S ha}^{-1}$  gemessen.

**Tabelle 1: Trockenmasseerträge in den vier Versuchsjahren (2018-2021) für den Faktor Nachsaatzeitpunkt (Frühling oder Sommer) und den Faktor Gülldüngung plus mineralische Ergänzung mit Phosphor und/oder Schwefel sowie die statistischen Kennzahlen**

| Parameter               | Einheit             | Nachsaatzeitpunkt (N) |          |        |     | Ergänzungsdüngung (D) |           |           |             |     | s <sub>e</sub> | p-Wert |       |       |
|-------------------------|---------------------|-----------------------|----------|--------|-----|-----------------------|-----------|-----------|-------------|-----|----------------|--------|-------|-------|
|                         |                     | ohne                  | Frühling | Sommer | SEM | Gülle                 | Gülle + P | Gülle + S | Gülle + P&S | SEM |                | N      | D     | N x D |
| Trockenmasseertrag 2018 | kg ha <sup>-1</sup> | 12962                 | 12620    | 12578  | 289 | 12687                 | 12893     | 13048     | 12252       | 359 | 1.208          | 0,601  | 0,462 | 0,858 |
| Trockenmasseertrag 2019 | kg ha <sup>-1</sup> | 14660                 | 13811    | 14336  | 332 | 13944                 | 14543     | 14315     | 14276       | 360 | 1.220          | 0,264  | 0,700 | 0,197 |
| Trockenmasseertrag 2020 | kg ha <sup>-1</sup> | 16652                 | 15574    | 16021  | 350 | 16180                 | 15871     | 16206     | 16072       | 338 | 1.176          | 0,155  | 0,872 | 0,410 |
| Trockenmasseertrag 2021 | kg ha <sup>-1</sup> | 11613                 | 11745    | 12403  | 340 | 12349                 | 11823     | 11392     | 12118       | 439 | 1.462          | 0,264  | 0,495 | 0,545 |

Abkürzungen:

p-Wert: Signifikanzwert, SEM: Standardfehler, s<sub>e</sub>: Residualstandardabweichung

**Tabelle 2: P- und S-Erträge für die vier Düngervarianten mit Gülle plus der mineralischen Ergänzung mit Phosphor und/oder Schwefel sowie die statistischen Kennzahlen**

| Parameter           | Einheit             | Ergänzungsdüngung (D) |           |           |             |      | s <sub>e</sub> | p-Wert |       |       |
|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------|-----------|-------------|------|----------------|--------|-------|-------|
|                     |                     | Gülle                 | Gülle + P | Gülle + S | Gülle + P&S | SEM  |                | N      | D     | N x D |
| Schwefelertrag 2018 | kg ha <sup>-1</sup> | 39,2                  | 40,1      | 40,6      | 37,9        | 1,24 | 4,19           | 0,646  | 0,439 | 0,665 |
| Schwefelertrag 2019 | kg ha <sup>-1</sup> | 39,4                  | 41,3      | 41,6      | 41,6        | 1,06 | 3,48           | 0,197  | 0,427 | 0,476 |
| Schwefelertrag 2020 | kg ha <sup>-1</sup> | 54,6                  | 53,5      | 55,1      | 55,0        | 1,28 | 4,43           | 0,146  | 0,760 | 0,289 |
| Schwefelertrag 2021 | kg ha <sup>-1</sup> | 34,2                  | 32,5      | 31,8      | 33,7        | 1,33 | 4,45           | 0,347  | 0,592 | 0,557 |
| Phosphorertrag 2018 | kg ha <sup>-1</sup> | 59,7                  | 61,6      | 60,5      | 59,3        | 1,74 | 5,89           | 0,699  | 0,798 | 0,698 |
| Phosphorertrag 2019 | kg ha <sup>-1</sup> | 56,9                  | 59,4      | 58,6      | 59,7        | 1,42 | 4,80           | 0,312  | 0,515 | 0,172 |
| Phosphorertrag 2020 | kg ha <sup>-1</sup> | 69,5                  | 68,5      | 69,3      | 69,6        | 1,37 | 4,67           | 0,155  | 0,926 | 0,393 |
| Phosphorertrag 2021 | kg ha <sup>-1</sup> | 43,4                  | 40,7      | 39,8      | 42,8        | 1,68 | 5,60           | 0,272  | 0,413 | 0,315 |

Abkürzungen:

p-Wert: Signifikanzwert, SEM: Standardfehler, s<sub>e</sub>: Residualstandardabweichung, abc: t-Test, N: Faktor Nachsaatzeitpunkt

Signifikante Unterschiede konnten im ersten Versuchsjahr 2018 beim LAI (p-Wert <0,001) und beim Rohproteinertrag bei den vier Aufwüchsen gemessen werden (Abbildung 1). Auffällig ist hier der 2. Aufwuchs, wo die ausschließlich mit Gülle gedüngte Variante einen LAI von 3,6 sowie 403 kg XP ha<sup>-1</sup> aufwies und die mit P und S ergänzte Variante einen signifikant höheren LAI von 4,3 sowie 502 kg XP ha<sup>-1</sup> erreichte.

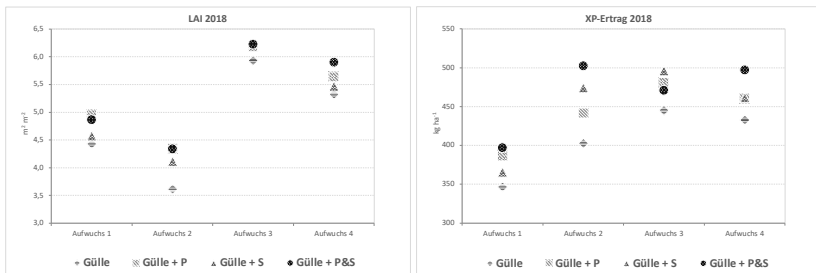
## Diskussion

Die Mengenerträge der vorliegenden Untersuchung sind für das Dauergrünland auf dieser Höhenlage und unter Bio-Bedingungen mit um die 12.000-16.000 kg TM ha<sup>-1</sup> als sehr hoch einzustufen. 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. Nur das erste Versuchsjahr zeigte einen Effekt durch die mineralischen Dünger S und P. Diese führten zu mehr Blattmasse, was sich durch den höheren LAI ausdrückte und die Bestände lieferten mehr Rohprotein. In den Folgejahren konsolidierten sich die positiven Wirkungen und es konnten keine Unterschiede mehr beobachtet werden.

Die P-Entzüge in der vorliegenden Untersuchung von 42 bis 69 kg ha<sup>-1</sup> stehen der über Gülle gedüngten Menge von 20-25 kg P ha<sup>-1</sup> gegenüber. Diese negative Bilanz, gerade bei den nicht mit P gedüngten Varianten, zeigt, dass im Boden vorhandene Pools herangezogen werden. Die vielfach aus den P<sub>CAL</sub>-Gehalten der Bodenanalyse abgeleitete 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 dar. Den Vorteil einer kombinierten Düngung von Rohphosphat und elementarem Schwefel im Dauergrünland konnte die vorliegende Untersuchung nicht nachweisen. Auch in einer Studie bei Körnerleguminosen konnte kein Effekt durch die Kombination der beiden mineralischen Dünger festgestellt werden (Köpke *et al.*, 2016).

**Abbildung 1: Blattflächenindex (LAI, links) und Rohproteinерtrag (rechts) zu den einzelnen Schnitten im Versuchsjahr 2018 für die vier Düngervarianten mit Gülle plus der mineralischen Ergänzung mit Phosphor und/oder Schwefel**



## Schlussfolgerungen

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. Da der  $P_{CAL}$  nicht den komplett verfügbaren P im Dauergrünlandboden darstellt, sollte bei Beratungen und dem Treffen von Entscheidungshilfen auf den Betrieben zuerst die Verteilung der Wirtschaftsdüngermengen optimiert werden.

## Literatur

- 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.
- 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.
- Starz, W.; Steinwider, 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 Böhner, 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.