

Ergebnisse eines P-Düngungsversuchs auf einer Wiesenfuchsschwanzwiese im vorderen Bayerischen Wald

Diepolder, M. und Raschbacher, S.
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL),
Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz (IAB)
Lange Point 12, 85354 Freising
michael.diepolder@lfl.bayern.de

Einleitung

Erträge, P-Gehalte und P-Abfuhr von Wiesen werden auch von der Ausprägung des Pflanzenbestands beeinflusst (Rieder 1983, Diepolder und Raschbacher 2016), was bislang in bayerischen Faustzahlen zur Düngung (Wendland et al. 2012) berücksichtigt wurde. Im bayerischen Grünland spielt der Wiesenfuchsschwanz (*Alopecurus pratensis*) vor Weidelgras und Knautgras die wichtigste Rolle als Hauptbestandsbildner (Kuhn et al. 2011). Versuche zur Wirkung von Düngerarten und Düngerformen sollten daher idealerweise zeitgleich auf unterschiedlichen Standorten durchgeführt werden.

Mit dem Ziel, seit Langem bestehende Faustzahlen zur Kalkulation der P-Abfuhr bzw. der P-Düngung von Wirtschaftsgrünland zu überprüfen bzw. weiter zu optimieren, ergänzt der nachfolgend dargestellte Versuch auf einer Wiesenfuchsschwanzwiese am Rande des bayerischen Waldes die im gleichen Tagungsband von den Autoren dargestellten Ergebnisse eines fast identischen Versuchs auf einer Weidelgraswiese im Allgäuer Alpenvorland. Beide Versuche sind somit auch ein Beitrag zur Untermauerung länderübergreifender Abstimmungsergebnisse zur P-Bedarfsermittlung im Grünland u.a. im Zuge der Umsetzung der neuen Düngeverordnung.

Untersucht wird speziell, welchen Einfluss eine Düngung mit unterschiedlichen Phosphatformen und Phosphatmengen auf den CAL-Phosphatgehalt des Bodens, die Qualität des Pflanzenbestands (Futterwertzahl), den Trockenmasse-Ertrag und den mittleren P-Gehalt im Futter hat, speziell wenn die Bodenuntersuchung zu Versuchsbeginn eine niedrige Phosphatversorgung (Gehaltsklasse B) aufweist.

Material und Methoden

Der Versuch wurde von 2003 bis 2010 im westlichen Vorwald des Bayerischen Waldes im Landkreis Straubing (450 m über NN; mittlerer jährlicher Niederschlag 850 mm, 7,2 °C Jahresdurchschnittstemperatur) auf einer Wiesenfuchsschwanzwiese mit i.d.R. vier Schnitten pro Jahr durchgeführt. Aufgrund von Trockenschäden des Versuchs 2003 wurde dieses Jahr bei der Auswertung der Erträge, XP- und P-Gehalte von der Verrechnung ausgeschlossen. Als Bodentyp liegt ein Ranker auf Tiefengestein vor, Bodenart ist sandiger Lehm. Zu Versuchsbeginn lagen in 0–10 cm Tiefe ein $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ -Wert von 5,1 sowie pro 100 g Boden Nährstoffgehalte von 5 mg $\text{P}_2\text{O}_5_{\text{CAL}}$, 8 mg $\text{K}_2\text{O}_{\text{CAL}}$ und 16 mg $\text{Mg}_{\text{CaCl}_2}$ vor.

Tabelle 1: Düngevarianten [Nährstoffangaben in kg/ha]

Variante	P_2O_5	N	K_2O
1 Ohne P-Düngung (Kontrolle)	0	4 x 50 als KAS	300 zum 1. Aufwuchs als Kornkali
2 Superphosphat	50		
3 zum 1. Aufwuchs	100		
4 Novaphosphat bzw. Cederan	50		
5 zum 1. Aufwuchs	100		
6 Weicherdiges Rohphosphat	50		
7 zum 1. Aufwuchs	100		

Die 7 Varianten, welche im Exaktversuch (lateinisches Rechteck) vierfach wiederholt sind, zeigt Tabelle 1. Neben einer Kontrollvariante ohne P-Düngung (1) erfolgte bei den sechs weiteren Versuchsgliedern (2–7) die Düngung ausschließlich mineralisch.

Es werden drei P-Düngerarten mit unterschiedlichem Aufschluss bzw. unterschiedlicher Löslichkeit in je zwei P-Stufen (50 und 100 kg P₂O₅/ha) geprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Nachfolgend werden die wichtigsten Ergebnisse des gesamten Versuchszeitraums 2004–2010 dargestellt und diskutiert. Auf wesentliche Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten zu ersten Ergebnissen des ebenfalls 2003 begonnenen und noch laufenden Parallelversuchs im Allgäuer Alpenvorland (Diepolder und Raschbacher 2017, siehe Seite 173 im Tagungsband) wird dabei hingewiesen.

Qualität der Pflanzenbestände

Alle P-gedüngten Varianten wiesen einen höheren Grasanteil (Tabelle 2) als die Kontrollvariante 1 auf. Mit Zunahme der P-Düngung wurden eine Verringerung der Pflanzenarten im Bestand sowie eine Abnahme des Ertragsanteils von Kräutern in der Frischmasse bzw. steigende Grasanteile beobachtet (Tabelle 2).

Tabelle 2: Botanische Zusammensetzung der Pflanzenbestände (nach Klapp und Stählin 1936) in Abhängigkeit von der Höhe der P-Düngung; Mittel der Jahre 2003, 2005, 2007, 2010

	Artenzahl	Prozent in der Frischmasse 1. Aufwuchs				
		Wiesen-Fuchsschw.	Knautgras	Σ Gräser	Σ Kräuter	Σ Leguminosen
P ₀	24,5	14	8	44	48	8
P ₅₀ [Ø Var. 2, 4, 6]	23,2	24	10	56	37	7
P ₁₀₀ [Ø Var 3., 5, 7]	20,5	29	11	61	32	7

Die mittleren Futterwertzahlen (Tabelle 3) aller sieben Varianten liegen im Bereich von 5,8 bis 6,3. Im Trend zeigt sich mit zunehmender P-Düngung ein leichter Anstieg der mittleren Futterwertzahl. Im Vergleich zu der Weidelgraswiese im Allgäuer Alpenvorland wurden auf der Wiesenfuchsschwanzwiese im Bayerischen Wald mehr Pflanzenarten (im Mittel ca. 22 statt 16), jedoch um etwas 0,7–0,9 Einheiten niedrigere Futterwertzahlen festgestellt. Die Höhe der P-Düngung wirkte sich auf die Artenzahl, die Bestandszusammensetzung bzw. die mittlere Futterwertzahl etwas stärker als beim Allgäuer Standort aus.

Tabelle 3: Mittlere Futterwertzahl (FWZ) der Varianten, Trockenmasse-Ertrag, und mittlerer Rohprotein (XP)- und P-Gehalte im Aufwuchs

Variante		Ø FWZ ¹⁾	TM-Ertrag ²⁾ (dt TM/ha)	Ø XP ²⁾ (g/kg TM)	Ø P ²⁾
1	Kontrolle	5,79	98,3	149	2,41
2	P ₅₀ Super	5,90	112,9	148	3,11
3	P ₁₀₀ Super	6,29	117,3	143	3,53
4	P ₅₀ Nova, Ced.	6,26	113,2	143	3,07
5	P ₁₀₀ Nova, Ced.	6,26	121,5	146	3,26
6	P ₅₀ w. Roh	6,00	117,9	147	2,99
7	P ₁₀₀ w. Roh	6,25	116,7	146	2,96

¹⁾ Mittel aus Bonituren von 4 Jahren, Futterwertzahl nach Klapp *et al.* 1953

²⁾ nach Ertragsanteil gewichtete Mittel von 7 Jahren (2004–2010);
GD_{5%} = 4,7 dt TM/ha; ca. 5 g XP/kg TM; ca. 0,2 g P/kg TM

Trockenmasse-Erträge

Gegenüber einer P-Düngung im Bereich der P-Abfuhr (P₁₀₀) führte fehlende P-Düngung (P₀) zu signifikanten Einbußen beim TM-Ertrag in Höhe von etwa 18–23 dt TM/ha (Tabelle 3), was im Mittel rund 17 Prozent Minderertrag entspricht. Diese Ertragseinbußen waren höher als beim Standort im Allgäuer Alpenvorland (hier durchschnittlich minus 9 Prozent). Im Trend nahm die Differenz ungedüngt/gedüngt mit fortschreitendem Versuchsverlauf zu (Abbildung 1).

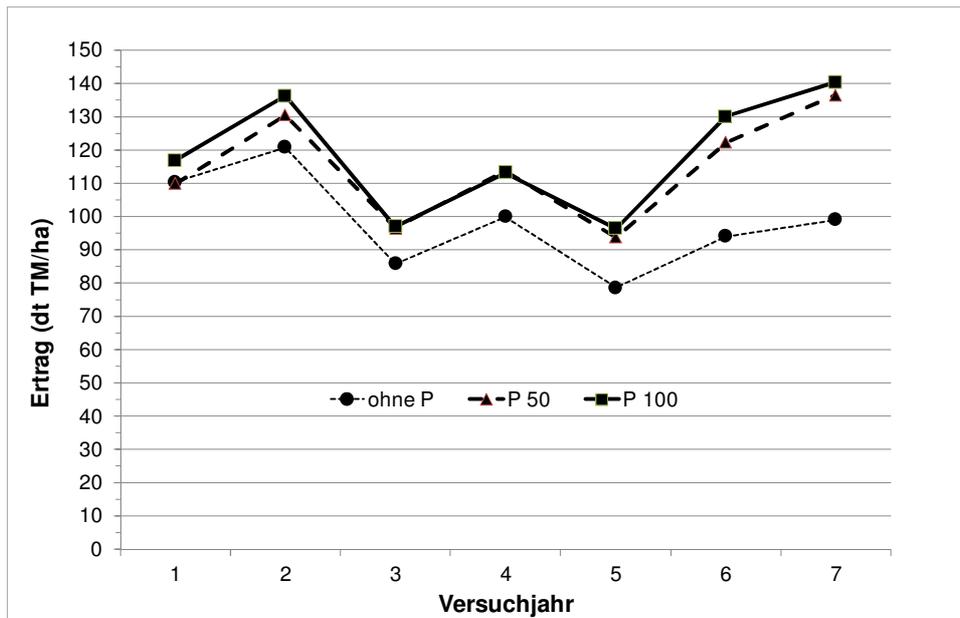


Abbildung 1: Entwicklung der TM-Erträge bei unterschiedlicher Höhe der P-Düngung (P₅₀ = Ø Varianten 2, 4, 6; P₁₀₀ = Ø Varianten 3, 5, 7)

Zwar zeigten sich im Mittel über die P-Düngerformen kaum Ertragsunterschiede zwischen den beiden Düngerstufen (Abbildung 1), allerdings bestanden – ganz im Gegensatz zu dem Versuch im Allgäuer Alpenvorland – zwischen einzelnen Varianten (P-Menge und P-Form) teilweise signifikante Unterschiede (Tabelle 3). So führte bei chemisch teilausgeschlossenem (Var. 4, 5) bzw. vollaufgeschlossenem (Var. 2, 3) Phosphat die jeweils höhere Düngung noch zu Mehrerträgen. Dies war bei weicherdigem Rohphosphat (Var. 6, 7) nicht der Fall. Allerdings erwies sich bei deutlich saurem pH-Wert Rohphosphat ebenfalls als eine geeignete Düngerform. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen aus dem Allgäuer Versuch.

Mittlere Rohprotein- und Phosphorgehalte

Aus den mittleren Rohproteingehalten ergab sich keine Präferenz für eine bestimmten Düngestufe bzw. Düngerart (Tabelle 3). Das Versuchsmittel (146 g XP/kg TM) auf der obergrasreichen Wiese lag allerdings um ca. 10 g XP/kg TM unter dem Versuchsmittel des Weidelgrasstandorts im Allgäu. Bei fehlender P-Düngung wurden nur 2,4 g P/kg TM im Futter erreicht. Bei den P-gedüngten Varianten lagen die mittleren P-Gehalte im Futter bei ca. 3,0–3,5 g/kg TM (Tabelle 3, rechts).

Im Trend stiegen die P-Gehalte im Futter mit zunehmender Wasserlöslichkeit und bei teil- bzw. vollaufgeschlossenem Phosphat auch mit der Höhe der P-Düngung an. Allerdings bewegten sich dabei die Unterschiede in einem relativ engen Bereich. So brachte eine Verdopplung der P-Düngung nur eine Anhebung der mittleren P-Gehalte um 0,2–0,4 g P/kg TM.

Aus pflanzenbaulicher und futterbaulicher Sicht (Milchviehfütterung) sind P-Gehalte von rund 3,0 g/kg TM ausreichend. Somit führte im bisherigen Untersuchungszeitraum eine stark reduzierte P-Düngung (Var. 2, 4, 6) weder zu relevanten Ertrags- noch zu relevanten Qualitätseinbußen. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen des Versuchs im Allgäuer Alpenvorland, wobei hier allerdings auf dem Weidelgrasstandort mit ca. 3,0 g P/kg TM (ohne P-Düngung) bzw. 3,4–4,2 g/kg TM (mit P-Düngung) deutlich höhere P-Gehalte gemessen wurden. Damit werden Ergebnisse von Diepolder und Raschbacher (2016) untermauert, die anhand von mehrjährigen Monitoringdaten von Praxisflächen bei Wiesenfuchsschwanzwiesen niedrigere P-Gehalte im Aufwuchs als bei weidelgras- oder kräuterreichen Wiesen feststellten.

P-Abfuhr und Phosphatgehalte im Boden

Im siebenjährigen Durchschnitt wurde im Versuchsmittel (hier ohne die Kontrollvariante) bei einem Ertragsniveau von 117 dt TM/ha bei verlustloser Ernte und vier Schnitten pro Jahr eine mittlere P-Abfuhr in Höhe von 37 kg P/ha bzw. rund 85 kg P₂O₅/ha erreicht.

Dies war um rund 10 kg P₂O₅/ha weniger als beim Standort im Allgäuer Alpenvorland, obwohl dort bei Volldüngung das Ertragsniveau um ca. 5 dt/ha niedriger lag. Erhebliche P-Mengen – wenn gleich weniger als im Allgäuer Alpenvorland – wurden vom Boden selbst nachgeliefert, dies zeigt die Kontrollvariante (1) ohne P-Düngung, bei der mit dem Futter durchschnittlich rund 54 kg P₂O₅/ha (24 kg P/ha) mit dem Erntegut abgefahren wurden (Tabelle 4).

Tabelle 4: P-Abfahren¹⁾ und mittlere CAL-Phosphatgehalte in 0–5, 5–10 und 10–20 cm Tiefe²⁾

Variante	P-Abfuhr (kg P ₂ O ₅ /dt TM)	CAL-Phosphatgehalt _{Boden} (mg P ₂ O ₅ /100 g B.)		
		0–5 cm	5–10 cm	10–20 cm
1 Kontrolle	54	5	2	1
2 P ₅₀ Super	81	8	3	1
3 P ₁₀₀ Super	96	17	5	2
4 P ₅₀ Nova, Ced.	81	8	3	2
5 P ₁₀₀ Nova, Ced.	91	11	4	1
6 P ₅₀ w. Roh	81	7	3	1
7 P ₁₀₀ w. Roh	80	8	2	1

¹⁾ Mittel aus 7 Versuchsjahren (2004–2010); GD_{5%} = 8,0 kg P₂O₅/ha

²⁾ Mittel aus 11 Bodenprobennahmen im 8-jährigen Untersuchungszeitraum 2003–2010

Auch Rohphosphat wurde zumindest bei der niedrigen Düngungsstufe (P₅₀) auf dem sauren Boden im Vergleich zur Kontrollvariante in P-Ertrag umgesetzt, allerdings blieb eine Verdoppelung der P-Düngung (P₁₀₀) bei Rohphosphat wirkungslos (Tabelle 4), woraus im Versuch bei Variante 7 trotz hohem Ertragsniveau eine deutlich positive P-Bilanz resultiert. Bei voll- bzw. teilaufgeschlossenem P-Düngern wurden bei einer Verdoppelung der P-Düngung um 50 kg P₂O₅/ha nur rund 10–15 kg mehr P₂O₅/ha abgefahren, die P-Ausnutzung sank damit stark ab.

Höhe und Form der P-Düngung wirkten sich auf die mittleren CAL-Gehalte im Oberboden, speziell in 0–5 cm Tiefe aus. Ab 10 cm Tiefe wurden keine Unterschiede mehr gemessen (Tabelle 4). Bei Applikation von P₁₀₀ als teil- bzw. vollaufgeschlossenes Phosphat nahmen die P_{CAL}-Gehalte im Oberboden (0–10 cm) im Trend (ohne Darstellung) über die Jahre deutlich zu, bei fehlender P-Düngung lag der P_{CAL}-Gehalt ab dem dritten Versuchsjahr sehr niedrig bei 3 mg P₂O₅/100g Boden.

Schlussfolgerungen

Bei Wiesen mit unterschiedlicher Bestandszusammensetzung und hohem Ertragspotenzial (über 100 dt TM/ha) bestehen bei gleicher Nutzungsintensität Unterschiede hinsichtlich der P-Gehalte im Futter und damit auch bei der P-Abfuhr. Aus rein fachlicher Sicht sollte daher der Wiesentyp idealerweise bei der Düngebedarfsermittlung nach wie vor Berücksichtigung finden.

Auch bei niedriger P-Versorgung des Bodens (Gehaltsklasse B) können hohe TM-Erträge sowie für die Pflanzen- bzw. Tierernährung optimale P-Gehalte erzielt werden. Dies auch, wenn die jährlich zugeführte P-Düngung mehrjährig deutlich unter P-Abfuhr durch das Erntegut liegt.

Literatur

- Diepolder, M. und Raschbacher, S. (2016): Untersuchungen zu Phosphatgehalten von Grünlandaufwüchsen auf bayerischen Praxisflächen. *Tagungsband* der 60. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau (AGGF) in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. in Luxemburg. [Hrsg.]. ASTA, Lycee Technique Agricole, CONVIS; 63–66.
- Klapp, E. und Stählin, A. (1936): Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistung des Grünlandes, *Buch*, Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- Klapp, E., Boeker, P., König, F. und Stählin, A. (1953): Wertzahlen der Grünlandpflanzen. Verlag Schaper, Hannover. Das Grünland 5: 2 S.
- Kuhn, G., Heinz, S. und Mayer, F. (2011): Grünlandmonitoring Bayern – Ersterhebung der Vegetation 2002–2008. – *LfL-Schriftenreihe* 3/2011.
- Rieder, J.B. (1983): Dauergrünland. *Buch*, BLV-Verlagsgesellschaft München.
- Wendland, M., Diepolder, M. und Capriel, P. (2012): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. 10. unveränderte Auflage 2012 (mit aktualisiertem Anhang). *LfL-Information*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising-Weihenstephan.