

Phosphor im Grünland - Ergebnisse vom Ertrags- und Nährstoffmonitoring auf bayerischen Grünlandflächen und von Düngungsversuchen

M. Diepolder^{1*} und S. Raschbacher¹

Zusammenfassung

Vierjährige Erhebungen auf bayerischen Grünlandflächen von Praxisbetrieben zeigen mit der Nutzungsintensität ansteigende Trockenmasseerträge, P-Gehalte und P-Entzüge im Futter. Während von zweischürigen Wiesen bei durchschnittlich 50 dt TM/ha und mittleren P-Gehalten von 3,3 g/kg TM knapp 40 kg P₂O₅/ha abgefahren werden, steigen die Werte bei Wiesen mit vier bis fünf Schnitten pro Jahr auf rund 105-115 kg TM/ha, 4,2-4,5 g P/kg TM und damit die mittleren P-Abfuhr auf etwa 105-120 kg P₂O₅/ha an. Damit werden die in den derzeit gültigen Faustzahlen zur P-Bedarfsermittlung aufgeführten mittleren P-Abfuhr weitgehend bestätigt. Darüberhinaus war bei allen Intensitätsstufen eine Zunahme der P-Gehalte im Jahresverlauf erkennbar. Die durchschnittlichen P-Gehalte von bayerischen Silageproben liegen derzeit durchschnittlich bei etwa 3,1-3,7 g P/kg TM. Insgesamt ergeben sich anhand der Pflanzenanalysen bislang keine konkreten Hinweise, dass im bayerischen Grünland ein P-Mangel vorliegt. Flächendeckende Bodenuntersuchungsergebnisse in Bayern wiederum zeigen, dass bei rund 47% der Grünlandböden der P_{CAL}-Gehalt unter 10 mg P₂O₅ (4,4 mg P) pro 100 g Boden und damit unter der in Bayern anzustrebenden Gehaltsklasse „C“ (10-20 mg P₂O₅/100 g Boden) liegt. Weiterer Forschungs- und Abstimmungsbedarf zur fachgerechten, standort- und nutzungsangepassten P-Düngung ist gegeben.

Schlagwörter: Monitoring, Bodenuntersuchung, Nutzungsintensität, P-Gehalte, P-Abfuhr, Düngungsversuche, P-Düngeempfehlungen

Summary

Four-years lasting analysis on grassland of Bavarian farms show rising values of dry matter yield, P-content in forage and P-removal with increasing intensity of utilization. Meadows cut twice a year yielded 50 dt DM/ha on average with a medium P-content of 3.3 g/kg DM and a removal of approx. 40 kg P₂O₅/ha, whereas meadows which were cut four to five times per year yielded 105-115 dt DM/ha with a medium P-content of 4.2-4.5 g/kg DM and a removal of approx. 105-120 kg P₂O₅/ha. These results are basically confirming the actual values of P-demand calculations. Furthermore, an increase of P-content in forage during the course of the year was observed at all intensity levels. The average P-content of Bavarian grass silage samples range between 3.1 and 3.7 g P/kg DM. Based on these forage analysis there is no relevant evidence for P-deficiency on Bavarian grassland. In contrast, area-wide results of soil analysis indicate that the P_{CAL}-content of about 47% of Bavarian grassland soils is less than 10 mg P₂O₅ (4.4 mg P) per 100 g soil, which is therefore lower than the targeted category "C" (10 to 20 mg P₂O₅/100 g soil). Additional demand for research and coordination is necessary to achieve professional, site- and utilization-adapted phosphorus fertilization.

Keywords: monitoring, soil analysis, utilization intensity, P-content, P-removal, fertilization experiments, P-fertilization recommendations

Einleitung

Im Grünland rückt die Frage einer optimalen P-Versorgung und damit fachgerechten P-Düngung wieder verstärkt in den Focus. Dies u.a. deshalb, da Phosphor essentieller Nährstoff für den pflanzlichen und tieri-

schen Organismus ist, jedoch viele Grünlandflächen in Bayern und Österreich nach den derzeit gültigen Düngungsrichtlinien suboptimale pflanzenverfügbare P-Konzentrationen im Wurzelraum aufweisen

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Vöttinger Straße 38, D-85354 FREISING

* Ansprechpartner: Dr. Michael DIEPOLDER, michael.diepolder@lfl.bayern.de



(Buchgraber, 2007; Pötsch und Baumgarten, 2010, Böhner, 2011, Diepolder und Raschbacher, 2011) und somit eigentlich einer deutlich über der veranschlagten Nährstoffabfuhr liegenden P-Düngung („Aufdüngung“) bedürften. Das wiederum ist angesichts der weltweit nur sehr begrenzt vorhandenen qualitativ hochwertigen primären P-Lagerstätten sowie hoher Preise für P-Dünger und aufgrund neuerer Versuchsergebnisse (Greiner, 2006; Greiner *et al.*, 2010) zunehmend kritisch zu hinterfragen. Auch deshalb, da unter Umständen ein unkontrolliertes „Aufdüngen“ gerade bei sensiblen Bereichen unnötig zu Gewässerbelastung beitragen kann.

Der praktische Landwirt hat vor allem aufgrund der in der Regel auf seinem Betrieb nicht vorhandenen Ertragsmessung und der auch häufig fehlenden Mineralstoffuntersuchung kaum Kenntnis von der tatsächlichen P-Abfuhr bzw. dem P-Bedarf seiner Flächen. Er ist auf regionale Faustzahlen angewiesen, die es gerade in Hinblick auf die o.g. Problematik künftig noch mehr als bisher zu validieren gilt. Daher werden in diesem Beitrag Untersuchungsergebnisse zu P-Abfuhr von Grünlandflächen, P-Gehalten in den Aufwüchsen und im Boden sowie Düngungsempfehlungen und Ergebnisse von Düngungsversuchen vorgestellt und diskutiert.

Ergebnisse zu mittleren P-Gehalten und P-Abfuhr bayerischer Dauergrünlandflächen bei unterschiedlicher Nutzungsintensität

Ziel des „Ertrags- und Nährstoffmonitorings“ (Diepolder *et al.*, 2013) bayerischer Grünlandflächen ist es, Erträge und Nährstoffentzüge von Praxisflächen in Abhängigkeit von deren Nutzungsintensität, Pflanzenbestandszusammensetzung und Boden-Klimaräumen zu quantifizieren.

Damit soll zukünftig eine auf Regionen bezogene Beratung zur Grünlandbewirtschaftung bzw. -düngung möglich sein und eine breitere Datenbasis für die Validierung von Faustzahlen zum Biomassepotenzial, zur Düngedarfsermittlung oder zur Nährstoffbilanzierung nach Düngeverordnung (DüV) geschaffen werden. Auf bayernweit 120 gezielt ausgewählten Flächen, die bereits im Zeitraum 2002-2008 erstmalig vegetationskundlich im Rahmen des „Grünlandmonitoring Bayern“ (Kuhn *et al.*, LFL, 2011) aufgenommen worden sind, wurden in den Jahren 2009-2012 mittels genau definierter Schnittproben (7x1 m² pro Schlag, Abgrenzung der Fläche durch tragbare Rahmen, Schnitt mit elektrischer Rasenkantenschere mit Höhenbegrenzung, Schnitthöhe 5-6 cm, Schnittzeitpunkt max. 2-3 Tage vor der Beerntung durch den Landwirt) die Frisch- und Trockenmasse-Erträge aller Aufwüchse sowie nasschemisch deren Nährstoffgehalte (N, P, K, Mg, Ca, S, Na, Zn) bestimmt und die Nährstoffabfuhr ermittelt. Die gewonnenen Daten inkl. zusätzlich erhobener betriebs- und schlagspezifischer Parameter werden in einer Biomasse- und Nährstoffdatenbank der LfL gespeichert. Für den Zeitraum 2012-2014 wird das Monitoring um weitere 30 Flächen erweitert. Die für diesen Beitrag analysierten Daten der Jahre 2009-2012 wurden auf Plausibilität geprüft und unvollständige Datensätze von der Auswertung ausgeschlossen. Die in *Tabelle 1* aufgeführten Mineralstoffgehalte sind als gewichtete Mittel, also unter Einbeziehung der Ertragsanteile einzelner Schnitte am Jahresertrag ausgewiesen. Um die Ergebnisse mit den offiziellen bayerischen Faustzahlen zur Düngedarfsermittlung (Wendland *et al.*, 2012) bzw. der Nährstoffbilanzierung nach Düngeverordnung (DüV) vergleichen zu können, wurden weiterhin die aus den Schnittproben ermittelten TM-Erträge auf Nettowerte umgerechnet und die Netto-Abfuhr an Nährstoffen bestimmt. In diese Umrechnung flossen neuere Erkenntnisse aus Arbeiten von Köhler *et al.* (2012) ein. Ebenfalls wurde

Tabelle 1: Mittlere Netto-Jahreserträge, Rohprotein-(XP) bzw. Mineralstoffgehalte und Netto-Nährstoffabfuhr von bayerischen Grünlandflächen bei unterschiedlicher Nutzungsintensität (Quelle: DIEPOLDER *et al.*, LFL, 2013)

Anzahl (vollständige Ernten 2009-2012)	Schnitte pro Jahr							
	2 39	3 60	4 101	5 79				
TM-Ertrag_{netto} [dt/ha]	50	D (0,32)	84	C (0,23)	107	B (0,21)	116	A (0,24)
XP-Gehalt [g/kg TM]	133	D (0,19)	141	C (0,14)	163	B (0,09)	174	A (0,11)
N-Gehalt [% TM]	2,13	D (0,19)	2,26	C (0,14)	2,61	B (0,09)	2,78	A (0,11)
P-Gehalt [g/kg TM]	3,29	D (0,23)	3,75	C (0,21)	4,22	B (0,13)	4,49	A (0,13)
K-Gehalt [g/kg TM]	24,1	D (0,26)	28,7	C (0,26)	31,5	B (0,19)	34,0	A (0,19)
Mg-Gehalt [g/kg TM]	2,91	A (0,25)	2,86	A (0,23)	3,12	A (0,25)	3,00	A (0,19)
S-Gehalt [g/kg TM]	2,33	B (0,25)	2,67	A (0,32)	2,86	A (0,18)	2,85	A (0,14)
N-Abfuhr [kg N/ha]	105	D (0,35)	189	C (0,26)	279	B (0,22)	320	A (0,23)
P-Abfuhr [kg P₂O₅/ha]	38	D (0,39)	71	C (0,25)	103	B (0,23)	119	A (0,27)
K-Abfuhr [kg K ₂ O/ha]	145	D (0,39)	290	C (0,32)	407	B (0,30)	478	A (0,31)
Mg-Abfuhr [kg MgO/ha]	24	C (0,33)	39	B (0,31)	55	A (0,25)	58	A (0,31)
S-Abfuhr [kg S/ha]	11	C (0,36)	22	B (0,36)	30	A (0,27)	33	A (0,27)

XP- N- und Mineralstoffgehalte angegeben als nach Ertragsanteil gewichteter Durchschnitt aller Schnitte. Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen Intensitäten; Zahlen in Klammern geben den Variationskoeffizient (Standardabweichung/Mittelwert) wieder

berücksichtigt, dass bei den bayerischen Faustzahlen Standard- Nettowerte bei vorwiegender Silagenutzung (Heuanteil max. 20%) unterstellt sind.

Aus der bislang vorliegenden vierjährigen Auswertung (2009-2012) geht hervor, dass der Ertrag, die Mineralstoffgehalte von Grünlandbeständen und damit auch die Nährstoffabfuhr, maßgeblich von der Nutzungsintensität beeinflusst werden. *Tabelle 1* zeigt für TM-Erträge, P-Gehalte und P-Abfuhr einen signifikanten Anstieg der Mittelwerte von niedriger (2 Schnitte pro Jahr) bis hin zu hoher bzw. sehr hoher (4-5 Schnitte pro Jahr) Nutzungsintensität. Meist trifft dies auch für die anderen Parameter zu. Folglich ist im Grünland prinzipiell eine Klassifizierung der mittleren jährlichen bayerischen Trockenmasse-Erträge und Nährstoffabfuhr in Abhängigkeit von der Nutzungsintensität sinnvoll und gerechtfertigt.

Die teilweise hohen Streuungen um die Mittelwerte (*Tabellen 1* und *3*) sind darüber hinaus ein guter Beleg dafür, dass es fachlich sinnvoll ist, Faustzahlen mittels Korrekturfaktoren an einzelbetriebliche oder regionale Verhältnisse anpassen zu können.

Ferner zeigte sich auf Basis des bisherigen Datensatzes eine relativ gute Übereinstimmung zwischen den in den Praxisflächen gefundenen Durchschnittswerten und den aus Versuchen abgeleiteten, in der bayerischen landwirtschaftlichen Beratung verwendeten, ebenfalls nach Intensitätsstufen unterteilten Faustzahlen (Wendland *et al.*, LFL, 2012) zu Netto-Erträgen und Netto-Nährstoffabfuhr im Grünland. Teilweise waren jedoch auch deutliche Abweichungen erkennbar. Dies trifft vor allem für Kalium zu, wobei die gemessenen K-Gehalte der Praxisschläge den für Pflanze und Tier notwendigen Bedarf deutlich übersteigen. Bei der P-Abfuhr ergab sich hingegen, mit Ausnahmen der Vierschnittwiesen, deren gemessene mittlere P-Abfuhr von 103 kg P₂O₅/ha deutlich über der veranschlagten P-Abfuhr von 90 kg P₂O₅/ha lag, eine weitgehende Übereinstimmung mit den Faustzahlen (*Tabelle 7*).

Selbst bei gleicher Nutzungsintensität und Düngung können sich mittlere P-Gehalte und P-Entzüge in Abhängigkeit vom Standort, bzw. der Ausprägung des Pflanzenbestandes beträchtlich unterscheiden. Darauf weisen bereits Untersuchungen von Rieder (1983) in den 1970er Jahren hin (siehe *Tabelle 2*). Nach diesen weisen Wiesenfuchsschwanzwiesen (frische Glatthaferwiesen) bei ähnlichem Ertrags-

potenzial deutlich niedrigere P-Gehalte und damit P-Entzüge als weidelgrasreiche Bestände auf. Sehr kräuterreiche Grünlandbestände wiederum können trotz geringerem Ertragspotenzial, jedoch hohen P-Gehalten in den Aufwüchsen (*Tabelle 2*) ähnliche P-Entzüge wie Weidelgraswiesen haben. Daher dürfte es eine sinnvolle Ergänzung sein, bei Faustzahlen neben der Nutzungsintensität auch den Wiesentyp zu berücksichtigen. So geht seit ca. 30 Jahren vor allem aufgrund der Arbeiten von RIEDER auch der Wiesentyp in die Düngebedarfsermittlung nach bayerischen Faustzahlen ein. Künftige Auswertungen des noch bis 2014 durchgeführten „Ertrags- und Nährstoffmonitorings“ sollen zeigen, ob und inwieweit dies unter den Bedingungen der heutigen Grünlandwirtschaft noch notwendig bzw. sinnvoll ist.

P-Gehalte im Futter

Festzuhalten bleibt, dass je nach Nutzungsintensität und Standort die P-Gehalte im Futter in weiten Grenzen schwanken können. Für eine leistungsorientierte und bedarfsgerechte Milchviehfütterung auf Basis TMR sind daher regelmäßige Mineralstoffuntersuchungen des Grobfutters eine sinnvolle Maßnahme. Aus *Tabelle 3* geht hervor, dass bei allen Intensitätsstufen die mittleren P-Gehalte im Jahresverlauf ansteigen. Nicht ganz so deutlich ist dies bei Untersuchungen bayerischer Grassilagen (*Tabelle 4*) erkennbar. Ebenfalls fällt auf, dass hier die Werte deutlich niedriger liegen als bei den weidelgrasreichen Wiesen (siehe *Tabelle 2*) oder bei 4-5maliger Nutzungsintensität (siehe *Tabellen 1* und *3*). Mögliche Erklärungen für die beschriebenen Unterschiede sowie Gesichtspunkte dafür, dass die Werte der Futterqualitäten (*Tabelle 4*) mit den Werten aus den *Tabellen 1-3* nur bedingt vergleichbar sind, werden im Folgenden aufgeführt: Eine Rolle spielt sicher die unterschiedliche Datenbasis, wobei die Stichprobenzahl der Silageuntersuchungen höher als bei den Monitoringflächen ist. Ebenfalls enthalten die in den *Tabellen 2* und *3* zugrunde gelegten Datensätze ausschließlich vollständige Jahresernten einer Fläche, erlauben also einen direkten Vergleich im Jahresverlauf. Dies ist bei den Silageuntersuchungen (*Tabelle 4*) insofern nicht der Fall, da die Proben des Ersten Schnittes und der zu einem Mittel aggregierten Folgeschnitte nicht auf identische Flächen bezogen werden können. Weiterhin wird die Futterqualität in der Praxis anhand von

Tabelle 2: Mittlere TM-Erträge, P-Entzüge und P-Gehalte bei drei Grünlandtypen und vier Schnitten pro Jahr (nach Rieder, 1983)

	Ertrag brutto [dt TM/ha]	P-Entzug [kg P ₂ O ₅ /ha]	P-Gehalt in Aufwuchs			
			1	2	3	4
			[g/kg TM]			
Voralpine weidelgrasreiche Wiese	123	123	4,7	4,1	4,6	4,6
Voralpine kräuterreiche Wiese	92	117	5,1	5,0	5,3	5,8
Wiesenfuchsschwanzwiese	115	86	3,4	3,5	3,6	3,3

Düngung mineralisch: je 4x50 kg N/ha, 160 kg P₂O₅/ha, 300 kg K₂O/ha; Versuchszeitraum ca. 1974-1979

Tabelle 3: Mittlere P-Gehalte [in g P/kg TM] und Streuung (Variationskoeffizient) von bayerischen Grünlandaufwüchsen bei unterschiedlicher Nutzungsintensität (Datenbasis wie bei Tabelle 1: Ertrags- und Nährstoffmonitoring GL Bayern)

Aufwuchs	Schnitte pro Jahr							
	2		3		4		5	
1	3,01	(0,26)	3,35	(0,30)	3,93	(0,20)	4,17	(0,25)
2	3,81	(0,32)	3,86	(0,22)	4,03	(0,18)	4,29	(0,18)
3			4,50	(0,28)	4,47	(0,19)	4,38	(0,18)
4					4,73	(0,20)	4,92	(0,16)
5							5,18	(0,22)

Siloproben bestimmt, während bei Grünlandversuchen und dem GL-Monitoring die Untersuchungen an getrocknetem Grüngut von Schnittproben (Schiere, Balkenmäher, Futterpflanzenvollernter) vorgenommen werden und somit Bröckelverluste auf dem Feld weitgehend ausgeschlossen sind. Betrachtet man die botanische Zusammensetzung der Grünlandbestände selbst, so fällt auf, dass sich die mittleren P-Gehalte der bayerischen Grassilagen (Tabelle 4) auffallend nahe am Niveau von Wiesenfuchsschwanzbeständen (siehe Tabelle 2) bewegen. Kuhn *et al.* (2011) konnten anhand von rund 6.100 botanischen Aufnahmen von bayerischen Wirtschaftsgrünlandflächen nachweisen, dass in Bayern der Wiesenfuchsschwanz insgesamt die am weitesten verbreitete Grünlandpflanze ist und den höchsten Ertragsanteil hat. Dies trifft im Mittel auch für die 150 untersuchten Flächen des „Ertrags- und Nährstoffmonitorings“ zu. Allerdings war hier der Wiesenfuchsschwanz zwar bei den Flächen mit drei bis vier Schnitten pro Jahr der Hauptbestandbildner, während bei den Beständen mit vier und insbesondere fünfmaliger Nutzung die Weidelgräser überwogen.

Als Orientierungswerte werden bei Milchleistungen von 20 bzw. 40 kg/Tag P-Gehalte in der Gesamtration von 3,3 bzw. 4,0 g P/kg TM empfohlen (Gruber Futterwerttabelle, LFL, 2011). Der obere Wert wird im Durch-

Tabelle 5: P-Gehaltsklassen und P-Düngeempfehlung bei Grünland (Quelle: Wendland *et al.*, LFL, 2012)

Klasse	Bezeichnung	Bereich [mg P ₂ O ₅ (CAL) pro 100 g Boden]	Düngeempfehlung
A	Sehr niedrig	<5	Abfuhr + 30 kg P ₂ O ₅ /ha
B	Niedrig	5-9	Abfuhr + 30 kg P ₂ O ₅ /ha
C	Anzustreben	10-20	Abfuhr
D	Hoch	21-30	½ Abfuhr
E	Sehr hoch	>30	Keine P-Düngung

schnitt bei Dreischnittwiesen noch nicht erreicht, wie man aus Tabelle 1 entnehmen kann.

Zwischenfazit: Aus pflanzenbaulicher Sicht würden Gehalte unter ca. 2,0-2,5 g P/kg TM auf eine P-Unterversorgung hindeuten (Amberger, 1996; Diepolder und Hege, 2004). Andererseits scheinen nach Untersuchungen von GREINER *et al.* (2010) Gehalte von 3,0 g P/kg TM für eine Ausschöpfung des Ertragspotenzials ausreichend zu sein. Aus den Ergebnissen lässt sich somit kein Hinweis auf eine pflanzenbaulich unzureichende P-Versorgung bei einer bestimmten Intensitätsstufe ableiten.

Auch ergibt sich anhand der Futteranalysen kein Beleg für eine flächendeckende P-Problematik.

Gehaltsklassen und veranschlagter Düngebedarf für Phosphat

Wie in Österreich, so wird auch in Deutschland/Bayern eine Unterteilung der sog. pflanzenverfügbaren Phosphatvorräte im Oberboden (0-10 cm bei Grünland) in fünf Gehaltsklassen vorgenommen. Darauf aufbauend werden Zu- oder Abschläge an der Einordnung der abfuhrorientierten Düngermenge vorgenommen (Tabelle 5).

Im Detail gibt es jedoch bezüglich der Gehaltsklassengrenzen und der Bemessung der Zu- bzw. Abschläge

Tabelle 4: Futterqualitäten bayerischer Grassilagen in den Jahren 2012/2011/2010 (Quelle: Schuster *et al.*, LfL sowie LKV-Futtermittellabor Grub)

Angaben pro kg TM	Ø Bayern	Erster Schnitt		Ø Bayern	Folgeschnitte	
		Ø + 25%	Ø - 25%		Ø + 25%	Ø - 25%
2012						
Rohfaser (g)	236	217	257	225	215	236
Rohprotein (g)	168	177	159	164	169	155
Energie (MJ NEL)	6,4	6,8	5,8	6,2	6,6	5,7
Phosphor (g)	3,5	3,7	3,2	3,4	3,8	3,2
2011						
Rohfaser (g)	214	196	239	234	221	248
Rohprotein (g)	156	157	153	147	154	135
Energie (MJ NEL)	6,83	7,32	6,20	6,21	6,69	5,69
Phosphor (g)	3,1	3,2	3,1	3,3	3,6	3,1
2010						
Rohfaser (g)	254	231	277	235	222	250
Rohprotein (g)	157	170	142	170	184	155
Energie (MJ NEL)	5,88	6,37	5,35	5,80	6,22	5,34
Phosphor (g)	3,6	4,0	3,4	3,7	3,9	3,5

Grau unterlegte Werte: Vergleich oberes/unteres Viertel der Proben - Schichtung nach MJ NEL je kg TM

gewisse Unterschiede. Beispielsweise reicht der Bereich der Gehaltsklasse „C“ in Deutschland/Bayern von 10-20 mg P₂O₅/100 g Boden (ca. 44-87 mg P/kg B.), in Österreich dagegen von 11-15 mg P₂O₅/100 g Boden (ca. 47-68 mg P/kg B.). Auch endet in Bayern die Klasse „A“ bei P-Gehalten unter 5 mg P₂O₅/100 g Boden (Tabelle 5), damit bereits 1 mg unter der österreichischen Obergrenze (< 6 mg P₂O₅/100 g Boden) für diese Klasse. Ferner erfolgen in Deutschland/Bayern die Zuschläge als absolute Größe und dabei für die Gehaltsklassen „A“ und „B“ in gleicher Höhe, während nach den österreichischen Richtlinien für die Sachgerechte Düngung (BMLFUW, 2006; zit. bei Pötsch und Baumgarten, 2010) die Zuschläge nicht absolut sondern prozentual zur veranschlagten P-Abfuhr erfolgen und zudem bei Gehaltsklasse „A“ doppelt so hoch (40%) als bei Gehaltsklasse „B“ (20%) sind.

Nach gültiger Düngeverordnung müssen in Deutschland alle Acker- und Grünlandschläge ab einem Hektar die Böden mindestens alle sechs Jahre in einem zugelassenen Labor auf ihren Phosphatgehalt untersucht werden. Somit sind flächendeckende Aussagen zum P-Status der Acker- und Grünlandflächen möglich, wobei Tabelle 6 bayerische Zahlen wiedergibt.

Ersichtlich ist, dass die P-Versorgung der bayerischen Ackerflächen wesentlich besser als die des Grünlandes ist. So weisen durchschnittliche über 80% der Ackerflächen eine optimale bis sehr hohe P-Versorgung der Böden auf, nur knapp 20% liegen unterhalb der anzustrebenden Versorgungsstufe „C“.

Dagegen liegt der P-Status von knapp der Hälfte der beprobten Grünlandflächen unter dem Optimum (10-20 mg P₂O_{5,CAL}/100 g Boden).

Trotz Berücksichtigung der Tatsache, dass natürlich immer ein gewisser Prozentsatz unter dem Optimalbereich liegen muss, da nicht das gesamte Grünland intensiv bewirtschaftet wird und naturräumliche Standortunterschiede (Ausgangsgestein, Viehbesatz) auftreten, bieten die Werte Anlass zur weiteren Diskussion. Die mittleren CAL-P-Gehalte der bayerischen Ackerflächen sind in den letzten 20 Jahren konstant geblieben. Bei Grünland sind sie dagegen von Ende der 1980er Jahre bis zum Jahr 2000 um rund 5 mg

P₂O₅/ha abgesunken und haben sich seitdem auf einem Niveau von rund 13-14 mg P₂O₅/100 g eingependelt (Diepolder und Raschbacher, 2011).

Zu genereller Sorge besteht jedoch aus bayerischer Sicht momentan noch kein zwingender Grund, zumal auch die Ergebnisse bayerischer Futteranalysen (Tabellen 1, 3, 4) keineswegs auf eine problematische P-Versorgung des bayerischen Grünlands schließen lassen. Dennoch ist zu vermuten, dass in der Praxis, oft das seit Langem bekannte Konzept der Officialberatung zur fachgerechten Düngung nicht ausreichend umgesetzt wurde. Dies auch in vergangenen Zeiten, als P-Dünger noch vergleichsweise billig war.

In Tabelle 7 sind Beispiele zur P-Abfuhr bei unterschiedlicher Nutzungsintensität und Nutzungsart aufgeführt, woraus eine große Spannweite bei der zu veranschlagenden P-Düngung nach den derzeitigen bayerischen Empfehlungen ersichtlich wird, gerade wenn man gedanklich noch die Zu- und Abschläge berücksichtigt.

Ein Betrieb, der unter Ausschöpfung der „170er-Regelung“ nach deutscher Düngeverordnung wirtschaftet und dabei sein Grünland insgesamt sehr intensiv nutzt, kann Gefahr laufen, dass die optimale P-Versorgung seiner Flächen langfristig abnimmt (Tabelle 8). Berücksichtigt man, dass die meisten Betriebe in Bayern und in Österreich weit unter der „170er-Grenze“ liegen, welche grob umgerechnet je nach Zusammensetzung des Viehbestands einem Viehbesatz von 1,8-2,0 GV/ha entspricht, wird klar, dass sich die Situation gerade für den Nährstoff Phosphor im Bereich bei hohen gewünschten Erträgen und intensiver Schnittnutzung noch zu verschärfen droht. Dies zeigt, dass es wichtig ist, sich auch über eine abgestufte Nutzungsintensität des Grünlands Gedanken zu machen, sofern aus betrieblichen Erwägungen nicht an den Einsatz mineralischer Düngemittel gedacht wird oder nur beschränkt möglich ist.

Unter heutigen ökonomischen und ökologischen Bedingungen stellt sich dabei die Frage, ob und inwieweit Bodenuntersuchungsergebnisse als maßgebliches Kriterium für die Bemessung einer fachgerechten P-Düngung dienen können bzw. ob die derzeit noch

Tabelle 6: Phosphatversorgung bayerischer Acker- und Grünlandböden (Quelle: LfL, <http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/032397/index.php>)

Gehaltsklasse	Acker		Grünland	
	Ø Bayern	Spannweite Regionen ¹⁾	Ø Bayern	Spannweite Regionen
A	<3%	2-6%	16%	9-34%
B	14%	11-20%	32%	28-38%
C	45%	43-47%	36%	25-43%
D	23%	19-25%	10%	6-14%
E	15%	12-19%	6%	4-9%

¹⁾ Mitterer Anteil einzelner Gehaltsklassen und Spannweite zwischen den 7 bayer. Regierungsbezirken Probenahme von 2006-2011; Acker 959.671, Grünland 466.242 Proben; P gemessen als CAL-P 1 mg P₂O₅/100 g Boden = 4,37 mg P/1000 g Boden

Tabelle 7: Beispiele zum Netto-Ertrag und zur Netto-P-Abfuhr von Grünlandflächen unterschiedlicher Nutzungsintensität und Nutzungsart nach bayerischen Faustzahlen (Quelle: Wendland et al., LfL, 2012)

Nutzungsart und -intensität	Ertrag netto (dt TM/ha)	P-Abfuhr netto (kg P ₂ O ₅ /ha)
Wiese, 2-schürig, vorwiegend Heu	45-50	35-40
Wiese, 3-schürig, vorwiegend Silage	75	70
Wiese, 4-schürig, vorwiegend Silage	90	90
Wiese, 5-schürig, vorwiegend Silage	110	110
Mähweide intensiv	90	60
Mähweide extensiv	60	35
Weide intensiv	80	40
Weide extensiv	50	20

empfohlenen Zuschläge bei niedrigem P-Status des Bodens sinnvoll sind.

Tabelle 8: Phosphat- und Kaliabfuhr von Grünland mit Schnittnutzung im Vergleich zu PK-Zufuhr bei Gülledüngung in Höhe von 170 kg Gesamt-N

Schnitte/Jahr	Ertrag (dt/ha)	Abfuhr	
		P ₂ O ₅ (kg/ha) ¹⁾	K ₂ O (kg/ha) ¹⁾
3	75	50-70	180-220
4	90	60-90	215-270
5	110	75-110	265-330
Gülle _{170 N/ha} (ca. 70 m ³ /ha bei 5 % TS)		Nährstoffzufuhr 65-70 245-265	

¹⁾ Erklärung der Spannweiten bei der Nährstoffabfuhr von Phosphat und Kali: Bei der Bemessung der Untergrenze wurden in Anlehnung an neuere Forschungsergebnisse (Greiner u.a., 2006) für das Pflanzenwachstum ausreichende Gehalte von 3,0 g P/kg TM bzw. 20 g K/kg TM unterstellt, die Obergrenzen stellt die Nährstoffabfuhr nach bayer. Faustzahlen (Wendland *et al.*, 2012) dar.

Ergebnisse von P-Düngungsversuchen

Zweifelsohne führt der völlige Verzicht auf P-Düngung in der Regel zu einem Absinken der Erträge, zu abnehmenden P-Gehalten im Boden und zu einer Verschlechterung des Pflanzenbestandes und dessen Futterqualität. Dies geht aus langjährigen statischen Düngungsversuchen hervor, wie z.B. der „Weiherwiese“ in Steinach, dem ältesten Grünlandversuch Bayerns (Diepolder *et al.*, 2005) mit einem Ertragsrückgang von ca. 25% (siehe Tabelle 9) bei fehlender P-Düngung gegenüber NPK-Volldüngung oder dem ca. 50-jährigen Rotthalmünsterer Grünlanddauerversuch (Schnellhammer und Sirch, 2013) mit einem Ertragsrückgang von rund 15% bei ausgesetzter P-Düngung.

Auch erste Ergebnisse eines mehrjährigen P-Düngungsversuchs (Diepolder und Raschbacher, 2011) auf einem Standort im Allgäuer Alpenvorland (siehe Tabelle 10) zeigen erwartungsgemäß eine positive Wirkung regelmäßiger P-Zufuhr auf den Ertrag und den durchschnittlichen P-Gehalt im Futter. Interessant ist jedoch der Vergleich der einzelnen Varianten mit P-Düngung, bei denen sich bisher trotz der relativ niedrigen Phosphatgehalte im Oberboden, unabhängig von der Höhe

der P-Düngung, keine gesicherten Mehrerträge und nur sehr geringfügige Effekt hinsichtlich der P-Gehalte im Futter abzeichneten. In Bezug auf die Düngerform deuteten sich leicht erhöhte P-Gehalte im Futter bei Verwendung von leicht löslichem Super-phosphat an.

Mehrjährige Grünland-Düngungsversuche in Mitteldeutschland (Greiner, 2006) ergaben, dass zwar bei eingeschränkter oder völligem fehlender P-Düngung bei Standorten, wo nicht bereits zu Versuchsbeginn ein starker P-Mangel vorlag, die P-Gehalte im Boden sanken und damit ein enger Zusammenhang zu negativen P-Bilanzsummen bestand. Sie zeigten aber auch, dass hohe P-Düngungszuschläge (50% über Standardentzug) und damit in acht Versuchsjahren stark positive P-Bilanzsummen die P-Gehalte nach Standardbodenuntersuchung nur auf einem Niedermoorstandort, nicht jedoch auf mineralischen Standorten anheben konnten. Auch wurden auf solchen Standorten, die bereits zu Beginn in den Gehaltsklassen „A“ und „B“ lagen, durch P-Düngezuschläge keine Mehrerträge erzielt. Greiner *et al.* (2006, 2010) stellten insbesondere fest, dass eine Düngung, die sich am Standardentzug von 3 g P/kg TM (bzw. 20 g K/kg TM) orientiert, für die Ausschöpfung des standorttypischen Ertragspotenzials ausreichend war. Greiner (2006) verweist allerdings auch darauf, dass extensiv bewirtschaftete Grünland ohne N-Düngung ausreichend mit P und K versorgt sein muss - dies ist auch aus Tabelle 9 ersichtlich - und dass leguminosenreiche Pflanzenbestände höhere Ansprüche an die P- und K-Versorgung als grasbetonte Pflanzenbestände stellen.

Fazit und Ausblick

Der P-Bedarf von Grünland schwankt in weiten Grenzen. Leider hat der Landwirt in der Regel keine Kenntnis über die reale Nährstoffabfuhr seine Flächen. So sind ausreichend differenzierte Faustzahlen auch künftig ein notwendiges Instrument zu Bemessung der Düngung. Es scheint daher sinnvoll, Faustzahlen zu Erträgen und Nährstoffabfuhr noch weiter zu validieren. Mittels der chemischen Bodenanalyse kann le-

Tabelle 9: Wirkung von unterschiedlicher mineralischer Düngung auf Ertrag, Nährstoffversorgung des Bodens und Pflanzenbestand einer frischen dreischürigen Glatthaferwiese (Wiesenfuchsschwanzwiese)¹⁾

	Düngungsvariante				
	NPK ²⁾	NPK ²⁾	N K	PK ²⁾	NP ²⁾
N/P ₂ O ₅ /K ₂ O-Düngung (kg/ha)	120/100/210	120/50/210	120/-/210	-/100/210	120/100/-
Ertrag (dt TM/ha)	108	105	79	93	68
pH _{CaCl2} 5,8	5,3	4,6	5,4	6,2	
CAL-P ₂ O ₅ (mg/100 g Boden)	22	10	3	24	25
CAL-K ₂ O (mg/100 g Boden)	10	10	22	13	5
Gräser (% im 1. Aufwuchs)	80	81	62	56	79
Kräuter	12	13	35	14	19
Klee	8	6	3	30	2
Ø Futterwertzahl (max. 8.0)	6,4	6,4	5,1	6,4	5,5

¹⁾ Standort Steinach, hier Mittel 1985-2001; Parzellen jedoch mindestens seit 1971 wie beschrieben gedüngt

²⁾ P-Düngung mit Thomasphosphat (enthält auch basisch wirksamen Kalk)

Tabelle 10: Wirkung von unterschiedlicher P-Düngung bei einer weidelgrasreichen Wiese im Allgäu mit vier Schnitten pro Jahr¹⁾

Parameter	Ohne P	Düngungsvariante				
		Leichtlösliches P (Superphosphat)		Weicherdiges Rohphosphat	Gülle (4x25 m ³ /ha)	
N-Düngung [kg/ha]	200	200	200	200	200	205
P ₂ O ₅ -Düngung [kg/ha]	-	50	100	50	100	115
K ₂ O-Düngung [kg/ha]	300	300	300	300	300	270
Ertrag [dt TM/ha]	102	110	113	110	112	110
P-Entzug [kg P ₂ O ₅ /ha]	69	97	108	86	91	93
Ø P-Gehalt [g P/kg TM]	3,0	3,8	4,2	3,4	3,6	3,7
CAL-P ₂ O ₅ [mg/100 g Boden]						
0-10 cm Tiefe	6	9	11	7	9	9
10-20 cm Tiefe	4	4	5	3	4	4
über 20 cm Tiefe	<1	<1	<1	<1	<1	<1

¹⁾ Spitalhof/Kempton, Mittel 2003-2008; Quelle: Diepolder und Raschbacher, 2011

diglich der potenziell verfügbare Nährstoffgehalt, nicht jedoch seine tatsächliche Verfügbarkeit festgestellt werden. Damit kann vom P-Status der Böden eines Betriebes oder einer Region alleine nicht automatisch auf Ertrag und Qualität des Wirtschaftsgrünlandes bzw. dessen Düngebedarf geschlossen werden, da dieser ohne Berücksichtigung von weiteren Standort- und Bodeneigenschaften nur sehr grob abgeschätzt werden kann (Bohner, 2010). Es ist daher in Übereinstimmung mit Greiner (2006) speziell bei Grünland zu überlegen, neben den sicher notwendigen Bodenanalysen sowie betrieblichen Schlagbilanzen, die Mineralstoffgehalte der Pflanzen über Futteranalysen stärker als bisher für eine sachgerechte, d.h. effiziente und ressourcenschonende Düngung zu berücksichtigen. Daher ist weiterer Forschungs- und länderübergreifender Abstimmungsbedarf gegeben.

Literatur

Amberger, A., 1996: Pflanzenernährung, 4. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 2011: Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen. 34. Auflage, LfL Information.

Bohner, A., 2010: Phosphorgehalte und Phosphorverfügbarkeit in Grünlandböden unter besonderer Berücksichtigung des Biolandbaues. Vortrag bei den Hefterhofer Umweltgesprächen „Phosphorbilanz im Biolandbau“ am 25.02.2010 an der Kammer für Land- und Forstwirtschaft Salzburg.

Buchgraber, K., 2007: Phosphorversorgung beim Grünland. Der fortschrittliche Landwirt, Heft 5/2007, 14-15.

Diepolder, M., Hege, U., 2004: Mineralstoffgehalte im Grünland. Schule und Beratung, Heft 07/04, Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, III: 20-23.

Diepolder, M., Schneider, B., Jakob, B., 2005: Ergebnisse von der Weiherwiese, dem ältesten Grünlandversuch Bayerns. Schule und Beratung, Heft 2/05, Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, III: 11-17.

Diepolder, M., Raschbacher, S., 2011: Bei Phosphor dranbleiben. dlz-Agrarmagazin, Heft 4, 64-69.

Diepolder, M., Raschbacher, S., Heinz, S., Kuhn, G., 2013: Erträge, Nährstoffgehalte und Pflanzenbestände bayerischer Grünlandflächen. Tagungsband der Wissenschaftstagung der LfL „Agrarforschung hat Zukunft“ am 04. Juli in München; LfL-Schriftenreihe 4/2013, ISSN 1611-4159, 185-194.

Greiner, B., Schuppenies, R., Hertwig, F., Hochberg H., Riehl, G., 2010: Ergebnisse aus zwölfjährigen Phosphor- und Kaliumdüngungsversuchen auf Grünland. VDLUFA-Kongressband; Kiel 2010, 157-168.

Greiner, B., 2006: Bei Phosphor und Kali sparen - aber nicht zu viel. top agrar, Heft 3, 102-104.

Köhler, B., Thurner, S., Diepolder, M., Spiekers, H., 2012: Ertragsermittlung vom Grünland mittels manueller Schnittprobe. In: VDLUFA-Schriftenreihe Bd. 68, Kongressband 2012 Passau, VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 375-379.

Kuhn, G., Heinz S., Mayer F., 2011: Grünlandmonitoring Bayern - Ersterhebung der Vegetation 2002-2008. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Hsg.) 3/2011, 161 S., ISSN 1611-4159.

Pötsch, E., Baumgarten, M., 2010: Phosphorproblematik im Grünland. Der fortschrittliche Landwirt, Heft 18, 30-31.

Rieder, J.B., 1983: Dauergrünland. BLV-Verlagsgesellschaft, München.

Schellhammer, R., Sirch, J., 2013: Statischer Dauerdüngungsversuch. In: 45. Versuchsbericht der Höheren Landbauschule Rotthalmünster 2012, 226-229.

Schuster, H., Moosmeyer, M., Schuster, M., 2010: Durchwachsen wie das Wetter - Grassilage-Qualität 2010: Erster Schnitt mit niedrigen Energiegehalten. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 45, S. 34.

Schuster, H., Moosmeyer, M., Schuster, M., 2011: 2011 - ein außergewöhnliches Jahr - Grassilagequalität 2011: viel Energie aber wenig Eiweiß und Struktur. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 44, 22-23.

Schuster, H., Moosmeyer, M., Schuster, M., 2012: 2012 - mit guter Grassilage Kraftfutter sparen. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 44, 31-33.

Wendland, M., Diepolder, M., Capriel, P., 2012: Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland - Gelbes Heft. 10. unveränderte Auflage 2012, LfL-Information, Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan.

