

# Phosphor im Grünlandbetrieb – aktuelle Situation in Österreich

Univ.-Doz. Dr. Erich M. Pötsch,  
HBLFA Raumberg-Gumpenstein und Universität für Bodenkultur, Wien

## 1. Bedeutung und Funktionen des Phosphors

Phosphor erfüllt eine Reihe von wichtigen Funktionen im Kohlenhydrathaushalt, Energiestoffwechsel, Wasserhaushalt sowie bei der Photosynthese von Pflanzen und zählt damit zu den wichtigsten und essentiellen Pflanzennährstoffen. Unterschiedliche Phosphorverbindungen treten als zentrale Bestandteile von Nukleinsäuren, Lipiden sowie Co-Enzymen in Erscheinung und verleihen dem Nichtmetall Phosphor einen hohen Stellenwert in der Pflanzenernährung (Ozanne, 1980; Maathuis, 2009; Wrage *et al.*, 2010; George *et al.*, 2011). Andererseits birgt Phosphor aber auch ein beachtliches Eutrophierungspotenzial für Gewässer (Lewis Jr *et al.*, 2011; Schilling *et al.*, 2011; Hahn *et al.*, 2012) und unterliegt daher neben dem Stickstoff zahlreichen Reglementierungen im Bereich der landwirtschaftlichen Düngung (BMLFUW, 2006).

## 2. Versorgungszustand der österreichischen Grünlandböden

Die Bestimmung des pflanzenverfügbaren Bodenvorrates an Phosphor erfolgt in Österreich nach der Calcium-Acetat-Lactat (CAL) – Methode (ÖNORM L 1087), wobei die Analysenwerte einem fünfteiligen Gehaltsklassenschema zugeordnet werden. Auswertungen von umfassenden Ergebnissen aus den Bodenzustandsinventuren sowie aus Routinebodenuntersuchungen ( $n \approx 6.700$ ) belegen, dass in vielen Gebieten Österreichs ein hoher Anteil der Grünlandböden eine sehr niedrige (Gehaltsklasse A:  $< 26$  mg P/1000 g Feinboden) bzw. niedrige (Gehaltsklasse B: 26-46 mg P/1000 g Feinboden) P-Versorgung aufweist (Heinzlmaier *et al.*, 2009; Pötsch and Baumgarten, 2010; Baumgarten *et al.*, 2011). Das Gehaltsklassensystem dient aber nicht nur einer Klassifizierung der P-Versorgung von Böden, sondern bietet auch die Möglichkeit von Zuschlägen im Rahmen der Düngungsplanung. Bei Vorliegen der Gehaltsklasse A können heute im Grünland zusätzlich zur bestehenden P-Empfehlung (auf Basis der Gehaltsstufe C = ausreichend versorgt: 47-68 mg P/1000g Feinboden) 40% aufgeschlagen werden, bei Vorliegen der Gehaltsstufe B sind es immerhin noch 20%.

Ein Blick in die Praxis zeigt jedoch, dass dieses Zuschlagssystem entweder nicht ausreichend bekannt ist oder zumindest nur sehr wenig genutzt wird – diese Tatsache wird auch seitens der pflanzenbaulichen Beratung bestätigt.

## 3. Empfehlungen zur Phosphordüngung im österreichischen Grünland

Die Empfehlungen zur P-Düngung von Grünland wurden in Österreich in den vergangenen 20 Jahren schrittweise angehoben und liegen heute je nach Nutzungsart, Nutzungstyp, Nutzungsfrequenz und Ertragslage bei Vorliegen der Bodengehaltsklasse C zwischen 10 und 120 kg  $P_2O_5$ /ha und Jahr. Die P-Empfehlungen basieren auf Entzugszahlen, wobei je 100 kg Trockenmasse mit einem  $P_2O_5$ -Entzug von 0,7 bis 1,0 kg gerechnet wird. Dieser Entzug kann in der Praxis aufgrund der Nachlieferung aus dem Boden aber auch etwas höher sein. Weiters wird darauf hingewiesen, dass die anfallenden Wirtschaftsdünger wie Stallmist, Jauche, Stallmistkompost und Gülle im Grünland die Hauptquellen für eine kontinuierliche Versorgung der Böden und Pflanzen mit organischer Substanz, Hauptnährstoffen (und damit auch Phosphor) sowie Spurenelementen darstellen – eine mineralische Phosphordüngung wird nur dann empfohlen, wenn:

- eine Anwendung von Wirtschaftsdüngern nicht möglich ist,
- die P-Gehaltswerte im Boden die Gehaltsklasse C unterschreiten oder
- der Ausgleich eines ungünstigen P/K-Verhältnisses im Wirtschaftsdünger (z.B. Jauche) notwendig erscheint

Verglichen mit vielen anderen Elementen kommt Phosphor im Boden nur in geringer Konzentration vor ( $\emptyset$  0,05% Pges in Mineralböden) und weist zudem auch eine sehr geringe Löslichkeit und Mobilität auf. Für die Dynamik des Bodenphosphors und des über die Düngung zugeführten Phosphors sind vor allem der pH-Wert, das Redoxpotenzial und die organische Substanz von großer Bedeutung. Für Grünlandböden gilt, dass die Pflanzenverfügbarkeit von Phosphor bei niedrigeren pH-Werten, guter Bodenfeuchte und hoher mikrobieller Aktivität am besten ist. Sämtliche Maßnahmen, welche die Bodenstruktur und Bodenfruchtbarkeit fördern, lassen daher grundsätzlich auch eine bessere Nährstoffverfügbarkeit erwarten! Für die meisten wertvollen Futterpflanzen im Grünland liegt der anzustrebende pH-Wert des Bodens je nach Bodenschwere im Bereich zwischen 5,0 und 6,0. In diesem Wertebereich besteht meist auch eine ausreichend gute Löslichkeit des Phosphors, während es vor allem bei hohen pH-Werten zur Verminderung der Mobilität und damit auch der Pflanzenverfügbarkeit kommt. Unter diesem Aspekt ist auch die Problematik der P-Düngung auf jenen Standorten zu sehen, die einerseits einen niedrigen P-Versorgungsgrad im Boden (Gehaltsklasse A und B) und zugleich einen hohen pH-Wert aufweisen. Im Rahmen des österreichischen Agrarumweltprogrammes ÖPUL ist bei Teilnahme an der Maßnahme Biologische Wirtschaftsweise nur der Einsatz weicherdiger Phosphordünger erlaubt, die unter den zuvor genannten Bedingungen jedoch nur eingeschränkt zur Wirkung gelangen. Hier können nur voll aufgeschlossene Phosphordünger wie z.B. Superphosphat ihre Wirksamkeit entfalten.

#### **4. Auswirkung der Düngung auf Phosphorgehaltswerte im Boden, im Grundfutter sowie auf P-Bilanzen und Leguminosenanteil – Ergebnisse aus Langzeitversuchen**

Der geringe P-Versorgungsgrad der Böden wird häufig mit einer niedrigen Ertragsleistung im Grünland, schlechten Wachstumsbedingungen für Leguminosen, mangelnder Futterqualität und in weiterer Folge mit sinkenden tierischen Leistungen in Verbindung gebracht (Gruber and Resch, 2009; Liebisch, 2011; Mackay and Lambert, 2011). Die nachfolgenden Auswertungen und Analysen basieren auf Grünlanddauerversuchen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein mit exakt definierten Bewirtschaftungsbedingungen und bestens dokumentierten Erhebungen.

Die in Tabelle 1 angeführten Ergebnisse stammen vom sogenannten Nährstoffmangelversuch, einem der ältesten Langzeitversuche in Gumpenstein, dessen Versuchsdesign durchaus starke Ähnlichkeiten mit ebenfalls noch bestehenden Langzeitversuchen in Deutschland aufweist (Diepolder and Raschacher, 2011). Von den insgesamt 14 Versuchsvarianten wurden jene ausgewählt, die einen unmittelbaren Bezug zur Phosphordüngung aufweisen. Hinsichtlich des Ertrages weist die Zufuhr von Phosphor erst in Kombination mit einer Kaliumdüngung einen positiven Effekt auf, der im N-freien Vergleichsblock zwischen 44% (P1-Stufe) und 53% (P2-Stufe) und im N-gedüngten Vergleichsblock mit einem allerdings deutlich höheren Ausgangsniveau zwischen 21% (P1-Stufe) und 27% (P2-Stufe) beträgt. Die Ertragsdifferenz zwischen den P-Stufen 1 und 2 beläuft sich trotz einer Verdoppelung der Phosphorzufuhr auf nur bescheidene 6% im N-freien und knapp 5% im N-gedüngten Versuchsblock. Diesbezüglich ist anzumerken, dass die aktuelle Empfehlung zur Phosphordüngung für Dreischnittwiesen in mittlerer Ertragslage (=60-80 dt TM/ha und Jahr) 65 kg Phosphat und in hoher

Ertragslage ( $\geq 80$  dt TM/ha und Jahr) 80 kg Phosphat/ha und Jahr beträgt. Die im Nährstoffmangelversuch geprüfte P2-Stufe kommt heute in den aktuell gültigen, österreichischen Düngeempfehlungen nur bei sehr hoher Nutzungsfrequenz (6 Schnitte) in Kombination mit hoher Ertragslage zur Anwendung (BMLFUW, 2006).

Tabelle 1: Bodenkennwerte ( $\bar{\varnothing}$  der letzten Versuchsdekade), Erträge, Leguminosenanteil, Futterinhaltsstoffe und P-Bilanzierungswerte aus dem Nährstoffmangelversuch Gumpenstein (Mittelwerte 1961-2010)

Parameter	Einheit	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
pH Boden		5,2	6,1	4,5	6,0	4,9	5,1	5,7	5,1	5,5	5,8
Phosphor (P nach CAL) Boden	mg/kg FB	23	159	24,5	160	25	49	116	24	34	90
Kalium (K nach CAL) Boden	mg/kg FB	64	61	49	27	420	279	317	199	137	142
TM-Bruttoertrag	dt/ha	29,1	28,7	42,9	42,8	45,3	65,1	69,2	73,3	88,4	93,3
Leguminosen	Gew. %	7,7	3,6	0,6	0,4	14,7	20,6	20,4	2,5	3,4	3,4
Rohprotein (XP) Futter	g/kg TM	132,5	129,1	147,9	149,7	127,7	133,0	131,1	129,5	116,4	115,0
Phosphor (P) Futter	g/kg TM	3,7	4,5	3,1	3,9	3,5	3,7	4,0	2,9	3,2	3,5
Kalium (K) Futter	g/kg TM	12,7	12,5	10,2	8,1	25,7	24,6	24,5	21,9	20,2	19,9
P-Zufuhr	kg/ha	0	52,3	0	52,3	0	26,3	52,3	0	26,2	52,3
P-Entzug	kg/ha	11,9	13,4	14,7	18,2	17,4	25,5	28,5	22,4	29,4	33,2
P-Bilanz	kg/ha	-11,9	38,9	-14,7	34,1	-17,4	0,8	23,8	-22,4	-3,2	19,1

N<sub>0</sub> = kein Stickstoff; N<sub>1</sub> = 60 kg N/ha und Jahr

P<sub>0</sub> = kein Phosphor; P<sub>1</sub> = 60 kg Phosphat/ha und Jahr; P<sub>2</sub> = 120 kg Phosphat/ha und Jahr

K<sub>0</sub> = kein Kalium; K<sub>2</sub> = 240 kg Kali/ha und Jahr

Leguminosen und deren Fähigkeit zur biologischen N-Fixierung spielen in der Grünlandwirtschaft und hier speziell in biologisch bewirtschafteten Betrieben eine wichtige Rolle und zahlreiche Autoren betonen diesbezüglich auch die Bedeutung einer ausreichenden Versorgung mit Phosphor (Roscher et al., 2011; Augusto et al., 2013; Lüscher et al., 2013; Suter et al., 2013). Die Ergebnisse des Nährstoffmangelversuches zeigen, dass - wie auch beim Ertrag - erst die Kombination mit Kalium einen nennenswerten Anteil an Leguminosen ermöglicht. Dieser positive Effekt geht allerdings mit zunehmender N-Düngung und der damit auftretenden Konkurrenzwirkung zur legum. N-Bindung wieder verloren.

Die Erhöhung der P-Zufuhr führte auch zu einem Anstieg der P-Gehaltswerte im Boden, wobei diese Entwicklung bei NPK-versorgten Versuchsvarianten aufgrund höherer P-Entzüge über den Ertrag schwächer ausgeprägt ist, als bei mangelversorgten Varianten. Nur bei einer P-Zufuhr über dem für die vorliegende Nutzungsfrequenz empfohlenen Wertebereich kam es im Verlauf des Versuchszeitraumes zu teilweise extremen Anstiegen des P-Gehaltes im Boden von mehr als 300 mg P/1000 g Feinboden (Variante N<sub>0</sub>P<sub>2</sub>K<sub>0</sub>).

Die Erstellung einer P-Bilanz als Differenz zwischen P-Zufuhr (aus Wirtschaftsdünger bzw. Mineraldünger) und P-Entzug über die geerntete Biomasse ergab für die zugrundeliegenden Versuche ein ausgeglichenes Ergebnis bei einer Zufuhr von knapp 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha und Jahr, was etwa der P1-Stufe im Nährstoffmangelversuch entspricht. Bis zu dieser P-Zufuhr erreichten die Bodengehaltswerte die Obergrenze der Gehaltsklasse „C“ und erst bei steigender P-Düngung kam es zu einer teilweise starken P-Anreicherung im Boden.

Bei allen drei Teilauswertungen zeigt sich mit zunehmender P-Düngung ein tendenzieller Anstieg der P-Gehaltswerte im Futter (gewichtetes Mittel der Einzelaufwüchse). Die höchsten Gehaltswerte (zwischen 3,3 und 5,0 g P kg<sup>-1</sup> TM) ergaben sich im N-freien Block des Nährstoffmangelversuchs, gefolgt vom Wirtschaftsdüngerversuch (zwischen 2,6 und

4,6 g P kg<sup>-1</sup> TM) mit der ertragsdynamischen Bemessung der Phosphordüngung. Der N-gedüngte Versuchsblock des Nährstoffmangelversuchs wies mit Werten zwischen 2,7 und 4,4 g P kg<sup>-1</sup> TM die niedrigsten Gehaltswerte auf, wobei hier offensichtlich ein gewisser Verdünnungseffekt durch die N-Zufuhr zum Tragen kommt. Die in den dargestellten Dauerversuchen langjährig erzielten P-Konzentrationen im Futter decken mit wenigen Ausnahmen durchaus den P-Bedarf auch für mittlere bis hohe Milchleistungen, wobei in der Fütterungspraxis vor allem im höheren Leistungsbereich eine P-Ergänzung durch Eiweißkraftfutter bzw. Mineralstoffmischungen erfolgt (Gruber and Resch, 2009).

## **5. Phosphorgehalt im österreichischen Grünlandfutter – Ergebnisse aus Feldstudien**

Aus artenspezifisch differenzierten Futteranalysen lässt sich ableiten, dass kleereiche und vor allem kräuterreiche Grünlandbestände deutlich höhere Gehaltswerte an Kalzium, Magnesium, Kalium und in abgeschwächtem Ausmaß auch an Phosphor aufweisen (Pötsch and Resch, 2005; Pirhofer-Walzl et al., 2011). Dies spricht neben einigen anderen Aspekten einmal mehr für Mischbestände im Dauergrünland mit einem starken Gräsergerüst (50-60%), das durch Leguminosen (10-30%) sowie Futterkräutern (bis zu 30%) ergänzt wird. Ein sehr starker Einfluss auf den Phosphorgehalt zeigt sich auch vor allem im Jahresverlauf der unterschiedlichen Aufwüchse. Während etwa der Primäraufwuchs von Dauerwiesen nur 2,5 g P/kg TM (Basis Grünfutter) enthielt, stieg der Gehaltswert beim zweiten und dritten Aufwuchs auf 2,9 bzw. 3,2 g P/kg TM an und lag ab dem vierten Aufwuchs bereits bei durchschnittlich 3,8 g P/kg TM (Resch u.a., 2009). Einen ebenso deutlichen Gradienten hinsichtlich der Aufwüchse - allerdings auf einem höheren Niveau - zeigt ein Blick auf die Daten der aktuellen österreichischen Futterwerttabelle, in der allerdings sämtliche Folgeaufwüchse bei Mehrschnittflächen zusammengefasst sind (Resch et al., 2006). Pirhofer-Walzl et al. (2011) weisen ebenfalls eine Konzentrationszunahme im Verlauf der Aufwüchse für alle von ihnen untersuchten Gräser-, Leguminosen- und Kräuterarten nach, wobei die Wegwarte (*Cichorium intybus*) und Wiesenkümmel (*Carum carvi*) im dritten Aufwuchs mit 5,5 bzw. 9,9 g P/kg TM die jeweils höchsten Gehaltswerte zeigten.

Innerhalb der einzelnen Aufwüchse beeinflusst der jeweilige Nutzungszeitpunkt sehr stark den Gehalt an Phosphor im Grünfutter. Zwischen den Vegetationsstadien „Schossen“ und „Ende Blüte“ nimmt die P-Konzentration im Futter ab, wobei die Reduktion bei extensiver Nutzungsfrequenz (Einschnitt- und Zweischnittflächen) am schwächsten und bei höheren Nutzungshäufigkeiten am stärksten ausgeprägt ist. Diese Konzentrationsabnahme tritt jedoch bei den Primäraufwüchsen deutlich stärker in Erscheinung als bei den nutzungselastischeren Folgeaufwüchsen (Resch u.a., 2006). Hinsichtlich einer möglichst hohen Phosphorkonzentration im Grundfutter spricht dies unabhängig von der Nutzungsfrequenz in jedem Fall für eine möglichst rechtzeitige Nutzung der Wiesen und Weiden, was ja zugleich auch eine bessere Verdaulichkeit der organischen Masse und höhere Energiekonzentrationen im Grundfutter gewährleistet.

Bezüglich des Einflusses der Futterkonservierung auf den Mineralstoffgehalt von Grünlandfutter zeigen sich teilweise etwas divergierende Ergebnisse, da insbesondere bei der Silageproduktion der Verschmutzungsgrad über die Erhöhung des Rohaschegehaltes eine große Rolle spielt. Grundsätzlich ist allerdings davon auszugehen, dass gegenüber den Werten von Grünfutter der P-Gehalt von Silagen und Heu/Grummet abnimmt, was vorwiegend auf Bröckelverluste von Blattmasse am Feld zurückzuführen ist. Je nach Ausgangsbestand können diese Verluste beim Dauergrünland zwischen 15 und 30% sowie bei Rotkleegras bzw. Luzerne zwischen 20 und 35% betragen (Resch et al., 2006).

Eine schonende Futterwerbung und -konservierung sollte daher zur Verringerung dieser Verluste im Futter sowie zur Vermeidung von Futtermverschmutzung unbedingt angestrebt werden.

Im Rahmen einer umfassenden Serie zur Erhebung der Qualität österreichischer Grassilagen zeigt sich unabhängig von der Wirtschaftsweise der Praxisbetriebe ebenfalls sehr klar die Zunahme der P-Konzentration vom 1. bis zum 4. Aufwuchs ( $\bar{x}$  aus den vier Untersuchungsjahren 2003, 2005, 2007, 2009), wobei allerdings die Anzahl der Proben des vierten Aufwuchses allgemein sehr gering war (Tabelle 2). Auffallend ist bei dieser Auswertung der signifikante Einfluss der Wirtschaftsweise auf den P-Gehalt der Silagen mit den niedrigsten Gesamtwerten bei biologischer Wirtschaftsweise und den höchsten Konzentrationswerten bei Nicht-ÖPUL-Betrieben.

Tabelle 2: P-Gehaltswerte von Grassilagen aus österreichischen Praxisbetrieben (Resch, 2010)

	Biologische Wirtschaftsweise		Verzicht auf ertragssteigernde Betriebsmittel <sup>1</sup>		UBAG <sup>2</sup> , Öko-Punkte <sup>3</sup>		keine ÖPUL-Teilnahme	
	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$
1. Aufwuchs	293	2,8	655	3,0	637	3,1	358	3,2
2. Aufwuchs	57	3,1	108	3,2	98	3,2	57	3,4
3. Aufwuchs	21	3,5	19	3,5	26	3,5	16	3,5
4. Aufwuchs	4	3,7	9	3,7	7	4,0	2	3,7
Gesamt	396	2,9	837	3,0	841	3,1	492	3,2

<sup>1</sup> ÖPUL-Maßnahme für Ackerfutter- und Grünlandflächen

<sup>2</sup> Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen

<sup>3</sup> nur in Niederösterreich angebotene ÖPUL-Maßnahme

Eine aktuelle Auswertung von Heu- bzw. Grummetproben (Tabelle 3) aus mehreren von der HBLFA Raumberg-Gumpenstein gemeinsam mit den Landwirtschaftskammern und den Milchvieharbeitskreisen organisierten Heuprojekten zeigt, dass der für Raufutter geforderte Mindestgehalt von 2,5 g P/kg TM nur bei 36% der untersuchten Heuproben bzw. 50% der Grummetproben erreicht wurde (Resch, 2013). Die GLM-Analyse zeigt einen signifikanten Einfluss der Faktoren Jahr, Wirtschaftsweise und Trocknungsverfahren auf den P-Gehalt von Heuproben (=1. Aufwuchs) mit insgesamt knapp 44% Erklärungsanteil für die Wertestreuung. Biobetriebe wiesen dabei mit  $\bar{x}$  2,5 g/kg TM die geringsten P-Gehaltswerte auf, gefolgt von Nicht-ÖPUL-Betrieben mit  $\bar{x}$  2,7 und UBAG-Betrieben mit  $\bar{x}$  2,8 g/kg TM. Warmbelüftetes bzw. mit Luftentfeuchter behandeltes Raufutter wies durch die schonendere Behandlung gegenüber bodengetrocknetem Heu insbesondere bei den ersten beiden Aufwüchsen höhere P-Gehaltswerte auf.

Tabelle 3: P-Gehaltswerte von Heu- und Grummet ( $\bar{x}$  2007-2012) aus österreichischen Praxisbetrieben in Abhängigkeit des Trocknungsverfahrens (Resch, 2013b)

	Bodentrocknung		Kaltbelüftung		Warmbelüftung	
	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$
1. Aufwuchs	210	2,1 ( $\pm$ 0,5)	367	2,4 ( $\pm$ 0,5)	268	2,7 ( $\pm$ 0,6)
2. Aufwuchs	183	2,8 ( $\pm$ 0,6)	230	2,9 ( $\pm$ 0,7)	195	3,1 ( $\pm$ 0,7)
3. - 6. Aufwuchs	28	3,3 ( $\pm$ 0,7)	61	3,2 ( $\pm$ 0,7)	111	3,3 ( $\pm$ 0,7)

Jedenfalls zeigen die Untersuchungen aus der österreichischen Grünlandpraxis, dass die P-Gehaltswerte des Grundfutters teilweise ein sehr niedriges Niveau aufweisen. Im Gegensatz zu den Ergebnissen aus den Exaktversuchen fehlen hier allerdings konkrete Angaben zur P-Düngung bzw. zum P-Gehalt der jeweiligen Böden. Jedoch muss davon

ausgegangen werden, dass in den betreffenden Erhebungsgebieten ein den gesamtösterreichischen Verhältnissen entsprechender, niedriger P-Versorgungsgrad in den Böden vorliegt.

## **6. Schlussfolgerungen und Lösungsansätze für die Praxis**

Grünlandexaktversuche und praxisrelevante Feldstudien zeigen die wesentlichen Zusammenhänge und Einflussfaktoren auf den P-Gehalt von Grundfutter als zentrale Grundlage der Rationsgestaltung in österreichischen Grünland- und Milchviehbetrieben auf. Während die P-Gehaltswerte von Grundfutter bei gezielter und den österreichischen Düngungsnormen entsprechender P-Zufuhr durchaus annehmbare Werte erreichen, liegen diese in der Praxis auf einem teilweise sehr niedrigen Niveau.

### ***Bedarfsnormen und Ergänzungsfütterung***

An möglichen Optionen zur Verbesserung der Situation bietet sich im Bereich der Fütterung die gezielte, bedarfsgerechte Ergänzung von Phosphor mittels Kraftfutter bzw. Mineralstoffmischungen an. Insbesondere der Einsatz von Proteinkraftfutter wie z.B. Raps- und Sojaextraktionsschrot oder Getreideschlempe trägt maßgeblich zur Phosphorversorgung bei (Gruber und Resch, 2009). In diesem Zusammenhang gilt es allerdings auch kritisch zu hinterfragen, wie weit die für Phosphor bestehenden Bedarfsnormen dem aktuellen Wissenstand in der Ernährungsphysiologie entsprechen. So zeigen sich bei vergleichbaren Leistungsniveaus teilweise gravierende Länderunterschiede in den P-Bedarfsnormen für Milchkühe (Schlegel and Lobsiger, 2010; von Ah and Kohler, 2012). Beim Einsatz von Ergänzungsfutter ist jedenfalls zu berücksichtigen, dass damit das Nährstoffniveau im Betrieb angehoben wird und dies in Regionen mit einer aufgrund der vorliegenden Standortverhältnisse, niedrigen Ertragslage mittel- und langfristig zu Problemen im Grünlandökosystem führen kann.

### ***Phosphordüngung und Düngungsempfehlungen***

In der Grünlanddüngung bietet sich primär die ergänzende Zufuhr von mineralischem Phosphor an, wobei hier einerseits die nach Ertragslage und Nutzungsform/-frequenz orientierten Empfehlungswerte nach den Richtlinien für die sachgerechte Düngung (BMLFUW, 2006) als auch die maßnahmenbezogenen Auflagen bei Teilnahme am Agrarumweltprogramm zu berücksichtigen sind. Erhebungen auf rund 200 Praxisbetrieben im Testgebiet Ennstal zeigten, dass bezogen auf den gesamten eingesetzten Phosphor 23% in mineralischer Form zugeführt wurde, also in der Grünland- und Milchwirtschaft durchaus von der Möglichkeit einer Ergänzungsdüngung Gebrauch gemacht wird (Pötsch and Buchgraber, 1999). Insgesamt ist allerdings festzuhalten, dass der Absatz von mineralischen Düngemitteln in Österreich seit Jahren eine abnehmende Tendenz aufweist und in der letzten Dekade allein bei Phosphor um knapp 40% zurückgegangen ist (BMLFUW, 2012).

Neben den im Handel erhältlichen Phosphordüngern bietet sich zunehmend auch der Einsatz von Pflanzenaschen aus Bioheizwerken auf Grünland- und Ackerflächen an (Schiemenz, 2011). Allerdings weisen die meisten Pflanzenaschen je nach Anlage und eingesetztem Ausgangsmaterial nur relativ niedrige P-Werte meist aber sehr hohe pH-Werte auf, die einen Einsatz nur auf sehr sauren Standorten sinnvoll erscheinen lassen.

Die Empfehlungen zur P-Düngung von Grünland wurden in den vergangenen 20 Jahren bereits schrittweise angehoben und liegen heute je nach Nutzungsart, Nutzungstyp, Nutzungsfrequenz und Ertragslage bei Vorliegen der Bodengehaltsklasse C zwischen 10 und 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha und Jahr. Die P-Empfehlungen basieren auf Entzugszahlen, wobei je 100 kg Trockenmasse mit einem P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Entzug von 0,7 bis 1,0 kg gerechnet wird. Dieser

Entzug kann in der Praxis aufgrund der Nachlieferung aus dem Boden aber auch etwas höher sein.

### ***Bodenphosphoranalysen, Gehaltsklassen- und Zuschlagssystem***

Im Zusammenhang mit der Phosphorproblematik im Grünland wird auch immer wieder über die Analysemethoden zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphors im Boden sowie über das bestehende Gehaltsklassensystem in den aktuellen Düngungsrichtlinien diskutiert. Die Bodenuntersuchung stellt gemäß dieser Richtlinie ein wichtiges Instrument für die Erstellung einer Düngeempfehlung und damit für die Steuerung der Nährstoffzufuhr dar. Die Bestimmung des pflanzenverfügbaren Bodenvorrates an Phosphor erfolgt heute nur mehr nach der Calcium-Acetat-Lactat (CAL) – Methode (ÖNORM L 1087), wobei die Analysenwerte einem fünfteiligen Gehaltsklassenschema zugeordnet werden. Ein Blick in die Praxis zeigt aber, dass das bestehende Zuschlagssystem entweder nicht ausreichend bekannt ist oder zumindest nur wenig genutzt wird – hier bietet sich durchaus ein guter Handlungsspielraum zur Verbesserung der Situation.

Mehrere Autoren verweisen auf die Notwendigkeit zur Verbesserung und Erhöhung der Phosphoreffizienz im Pflanzenbau und Gesamtbetrieb. Hier geht es beispielsweise um die züchterische Behandlung von Pflanzen hinsichtlich deren Wurzelmorphologie und -architektur zur Effizienzerhöhung bei niedrigen P-Gehalten im Boden. Neben einigen Getreidearten konnten diesbezüglich auch bei Weißklee bereits konkrete Erfolge erzielt werden. Ein Thema ist auch die verbesserte Nutzung des organischen Phosphors, wobei hier neben spezifischen Bewirtschaftungsmaßnahmen auch der Einsatz von Pflanzen bzw. Mikroorganismen, welche zu einer verstärkten Mineralisation führen, genannt werden.

### ***Begrenzung der Phosphorverfügbarkeit***

Phosphor gilt aufgrund seiner relativ niedrigen Konzentrationen im Boden und der auf nur wenige Länder begrenzten Lagerstätten als eine limitierte Ressource (Cordell et al., 2009; Cooper et al., 2011; Neset and Cordell, 2012). Die derzeit bekannten und erschlossenen Phosphatvorräte, vor allem jene Lagerstätten mit geringer Schwermetallbelastung, werden nach Expertenmeinung in wenigen Jahrzehnten erschöpft sein und daher wird zukünftig die Nutzung alternativer Phosphorquellen wie kommunale Abwässer, Klärschlamm, Schlachtabfälle oder Pflanzenasche deutlich an Bedeutung gewinnen (Smit et al., 2009; Weikard and Seyhan, 2009; Keyzer, 2010; Gronegger, 2011; Petzet and Cornel, 2013). Wie weit und unter welchen Bedingungen Phosphor aus Recyclingprozessen zukünftig als Düngernährstoff zur Verfügung steht, ist derzeit Gegenstand zahlreicher Projekte und Studien (Gronegger, 2011; Petzet and Cornel, 2013).

**Die in diesem Beitrag angeführte Literatur ist beim Verfasser verfügbar!**

**Unter dem nachstehenden link finden Sie zahlreiche Fachbeiträge zum Thema „Phosphor im Grünlandbetrieb – Bedeutung und aktuelle Problembereiche:**

<http://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/viewcategory/856-expertenforum-2013.html>