

## Optimale Phosphorgehalte im Grundfutter vom Grünland für die Rinderfütterung

Dr. Manfred Kerschberger (ehemals Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, TLL Jena) und Dr. Volkmar König, TLL

Die ausreichende Versorgung der Rinder mit Mineralstoffen ist für Tiergesundheit und Leistungsvermögen von besonderer Bedeutung. Nach Forderungen der Tierernährer ist das bereits mit dem Grundfutter anzustreben. Dabei kommt dem Gehalt an Phosphor eine herausragende Rolle zu. In diesem Zusammenhang bezeichnet HUBER, J. Phosphor als die „Königin“ der Mineralelemente mit der zentralen Schlüsselrolle bei der Energiegewinnung und -übertragung sowie im Fruchtbarkeitsgeschehen der Tiere. So fand Landwirt GÖTTSCHE, J. aus St. Margarithen bei Brunsbüttel an seiner Herde von 65 Milchkühen heraus, dass entsprechende Calciumgaben zur Milchfieberprophylaxe allein nicht das optimale Ergebnis brachten. Erst auch zusätzliche Phosphorgaben führten zu deutlichen Verbesserungen. Mit einer Kombination der Zufuhr von Ca -und P-haltiger Boli sowie Ca -und P-haltiger Infusionen zeitnah zum Kalben, konnte die kritische Phase für Tiergesundheit und Laktationsbeginn entspannt werden.

Nach OVER, R. entfallen in Deutschland etwa 30 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche auf das Grünland, in Süddeutschland bis zu 40 %. Die Rinderhaltung ist dabei der überwiegende Nutzer. Vor allem aus diesen Betrachtungen heraus bestehen Ansprüche an die Erreichung optimaler Mineralstoffgehalte der Grünlandpflanzengesellschaft.

KNAUER, N. gab nach eingehenden Untersuchungen einen Zielwert von 0,4 % P in der Trockenmasse (TM) an. Nach BERGMANN, W. und FINK, A. gelten P-Gehalte von 0,37 % bis 0,40 % i. d. Trockenmasse als anzustreben. HUBER, J. weist darauf hin, dass der P-Bedarf von Milchkühen besonders hoch ist, da sich mit Beginn der Laktation der Mineralstoffbedarf der Tiere sprunghaft erhöht. Mit steigender Milchleistung werden fast linear zunehmende Mengen an Mineralstoffen mit der Milch abgegeben. Ein P-Mangel kommt so vielfach bei Hochleistungskühen in den ersten Laktationswochen vor, wenn die Futtermittelaufnahme noch reduziert ist. P-Überschüsse wären dagegen die Ausnahme. P-Konzentrationen von über 7 g/kg Trockensubstanz sollten vermieden werden.

GRUBER, L. beziffert den zunehmenden P-Bedarf der Milchkühe mit steigender Milchleistung im Bereich von 10 bis 40 kg/Tag auf das Dreifache. Da die Futtermittelaufnahme in diesem Leistungsbereich nur nahezu verdoppelt würde, müsste der P-Gehalt in der Ration von 2,6 auf 3,9 g/kg TM ansteigen.

GALLER, J. gibt für Hochleistungskühe einen Sollwert für den P-Gehalt im Grünlandfutter von mindestens 0,35 % i. d. TM vor. Dieses P-Gehaltsziel würde aber infolge der stark vernachlässigten P-Düngung immer weniger erreicht. Mit seinen Düngungsempfehlungen weist er nachdrücklich darauf hin, dass im optimalen P-Gehaltsbereich des Bodens (P-Gehaltsklasse C: „anzustrebender P-Gehalt im Boden“) ein P-Düngebedarf von 0,35 – 0,45 kg/dt TM-Ernte realisiert wird. Bei Vorliegen der P-GK A („sehr niedriger P-Gehalt im Boden“) soll dazu ein Zuschlag von 40 % und in P-GK B („niedriger P-Gehalt im Boden“) von 20 % erfolgen, damit mittelfristig die P-GK C erreicht wird. Hier sind dann auch bei einer kurzzeitigen Unterlassung der P-Düngung optimale P-Pflanzengehalte erreichbar.

So geht die Orientierung für die Düngungspraxis dahin, dass mit entsprechenden Düngungsmaßnahmen wünschenswerte P-Gehalte der Grünlandpflanzen zu erreichen sind, wobei gleichermaßen auch der Pflanzenertrag zufrieden stellt. Für die Auffindung der so erforderlichen P-Versorgung der Pflanzen zur Erreichung von P-Gehalten um 0,35 bis 0,45 % i. d. TM sind entsprechende P-Düngungsexperimente unter Praxisbedingungen (Feldversuche) erforderlich. Nur aus Dauerversuchen mit unterschiedlichem P-Bodenvorrat und entsprechend differenzierter P-Düngung können sichere Richtwerte zur gewünschten optimalen P-Versorgung der Grünlandpflanzen abgeleitet werden. Hierfür sind einjährige bzw. kurzzeitige Feldversuche weit weniger aussagekräftig, da Standortfaktoren wie Boden, Witterung, Pflanzenbestandszusammensetzung sowie deren Wechselwirkungen zum pflanzenverfügbaren P-Gehalt des Bodens, zur verabfolgten P-Düngung und zu Bewirtschaftungsmaßnahmen die zu erforschenden Zusammenhänge erschweren bzw. überdecken können.

In dem vorliegenden Beitrag sollen die aufgeworfenen Aspekte zum Erreichen optimaler P-Gehalte in Grünlandpflanzenbeständen an Hand von Versuchsergebnissen hinterfragt werden. Die Ergebnisse entstammen zum einen einer zurückliegenden, sehr umfangreichen Versuchsserie von 24 statischen P-Düngungsversuchen auf Grünlandstandorten in Thüringen und Sachsen der Jahre 1960 – 1975 (Tab. 1) sowie zum anderen einer aktuellen Versuchsserie 9 statischer P-Düngungsversuche (Tab. 2) in den neuen Bundesländern (1997 – 2008).

**Tabelle 1:** P-Gehalte (% i. d. TM) der Pflanzenernte in P-Düngungsversuchen auf Grünlandstandorten in Thüringen und Sachsen im Mittel der Versuchsjahre und -orte (1960-1975<sup>1)</sup>). KERSCHBERGER, M. (2012)

Bodengruppe	P-Gehaltsklasse	P-Düngungsvarianten				Erhöhung des P-Gehalts i. d. TM		
		P0	P1	P2	P3	P1	P2	P3
3: stark lehmiger Sand	A	0,18	0,25	0,30	0,34	0,07	0,12	0,16
	B	0,28	0,32	0,34	0,37	0,04	0,06	0,09
	C	Keine Versuchsergebnisse						
4 u. 5 : sandiger/ schluffiger Lehm	A <sup>2)</sup>	0,22	0,27	0,30	0,34	0,05	0,08	0,12
	B	0,30	0,31	0,32	0,36	0,01	0,02	0,06
	C	0,34	0,36	0,37	0,38	0,02	0,03	0,02

<sup>1)</sup> Ergebnisse von 24 statischen P-Düngungsversuchen

<sup>2)</sup> ein Versuch

Jährliche P-Düngung: P0: ohne  
P1: 15 kg P/ha  
P2: 30 kg P/ha  
P3: 60 kg P/ha

Die jährliche N-Düngung erfolgte je nach Standort und Pflanzenbestand zur Erreichung optimaler Erträge. Die jährliche K-Düngung wurde auf der Grundlage der Bodenuntersuchungsergebnisse bemessen. Organische Düngung erfolgte nicht, Kalkung erfolgte nur in erforderlichen Fällen.

**Ergebnisse Tabelle 1:**

Zunächst sei festgestellt, dass vom P-Gehalt des Bodens eine gewichtige Basiswirkung auf den P-Gehalt der Pflanzen ausgeht. Dieser Zusammenhang ist am deutlichsten bei der P0-Variante ersichtlich. So liegt in P-GK A der P-Pflanzengehalt mit nur 0,18 % P i. d. TM weit unter dem anzustrebenden Mindestwert von 0,35 %. Mit steigendem P-Gehalt des Bodens (P-GK B) werden auch die P-Gehalte der Pflanzen erhöht und erreichen in P-GK C fast die wünschenswerte P-Konzentration. Bei der sehr niedrigen P-Versorgung des Bodens in P-GK A bewirkt so die P-Düngung eine deutliche Erhöhung der P-Pflanzengehalte, wobei allerdings erst durch hohe, d. h. erheblich über der P-Abfuhr liegende P-Gaben (P3-Variante) P-Pflanzengehalte um 0,35 % i. d. TM erreicht werden. Auch bei P-GK B bedarf es hierfür noch einer P-Düngung über der P-Abfuhr vom Feld. Erst unter den Bedingungen der P-GK C (anzustrebender optimaler P-Gehalt des Bodens) werden durch eine „P-Abfuhrdüngung“ (P1/P2-Varianten) annähernd optimale P-Gehalte der Pflanzen erreicht. Die so vorliegenden Zusammenhänge machen deutlich, dass es für die Erzielung wünschenswerter P-Gehalte in den Pflanzen jeweils immer eines entsprechend hohen Potenzials an pflanzenaufnehmbarem Phosphat bedarf, das auf der Summenwirkung von Bodenphosphat und Düngephosphat beruht.

**Tabelle 2:** P-Gehalte (% i. d. TM) der Pflanzenernte in P-Düngungsversuchen auf Grünlandstandorten der Neuen Bundesländer im Mittel der Versuchsjahre 1997 - 2008 (GREINER, B.; u. a., 2010)

Versuchsort	Bodenart	P-Gehalts-klasse	P-Düngungsstufen <sup>1)</sup>				Erhöhung des P-Gehalte i. d. TM gegenüber P0		
			P0	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Hessberg	LT	A	0,24	0,29	0,31	0,36	0,05	0,07	0,12
Oberweißbach	uL	B	0,32	0,35	0,36	0,38	0,03	0,04	0,06
Christgrün	sL	B	0,31	0,33	0,35	0,37	0,02	0,04	0,06
Hayn	sL	B	0,25	0,31	0,34	0,37	0,06	0,09	0,12
Forchheim	sL	B	0,30	0,33	0,35	0,38	0,03	0,05	0,08
Iden	sL	D	0,34	0,36	0,38	0,39	0,02	0,04	0,05
Wechmar	LT	E	0,37	0,38	0,39	0,40	0,01	0,02	0,03

<sup>1)</sup> Jährliche P-Düngung: P0 – ohne; P1 – 50 % von P2; P2 – nach P-Entzug/P-Abfuhr; P3 – 150 % von P2. Alle anderen Düngungsmaßnahmen erfolgten in Höhe zur Erreichung optimaler Erträge.

**Ergebnisse Tabelle 2:**

Aus den veröffentlichten Versuchsdaten von GREINER, B. u. a. war zu entnehmen, dass auch in dieser Versuchsserie vom P-Gehalt des Bodens die grundlegende Wirkung auf die Höhe der P-Konzentration in den Pflanzen ausgeht. So liegt der P-Gehalt der Pflanzen unter den Bedingungen der P-GK A mit 0,24 % i. d. TM (P0-Variante) noch weit unterhalb des Optimalwertes. Erst hohe, d. h. deutlich über der P-Abfuhr liegende P-Gaben bewirkten P-Gehalte um 0,35 % i. d. TM (P2/P3-Variante). Liegt ein höherer P-Bodengehalt vor, so steigt der P-Pflanzengehalt in P-GK B deutlich an; aber auch erst über der P-Abfuhr liegende P-Gaben sichern optimale P-Gehalte der Pflanzen ab. In P-GK D („hoher P-Gehalt im Boden“) und E („sehr hoher P-Gehalt im Boden“) werden solche Werte bereits ohne P-Düngung erreicht. Die Düngung bewirkt hier nur noch eine sehr geringe Erhöhung der P-Konzentration in den Pflanzen, höhere Werte als 0,40 % i. d. TM werden selbst durch sehr hohe P-Gaben im Pflanzenbestand nicht erreicht. Ein überzeugendes Beispiel hierfür sind die Versuchsergebnisse vom Standort Wechmar. Bekannterweise wird der P-Bedarf der Pflanzen für den optimalen Ablauf ihrer Stoffwechselfvorgänge so limitiert, dass ein Luxuskonsum, d. h. wesentlich höhere P-Gehalte als für die Ertragsbildung erforderlich sind, nicht erfolgt. Antagonistische Wirkungen auf andere Nährelemente sind so weitgehend auszuschließen.

Die ermittelten Zusammenhänge zwischen P-Gehalt des Bodens und P-Düngung zur Erreichung optimaler P-Gehalte im Futter vom Grünland belegen, dass bei insgesamt niedrigem P-Vorrat des Bodens (P-GK A und B) erheblich über der P-Abfuhr liegende P-Gaben zu verabfolgen sind. Da die P-Aufnahme von den Pflanzen selbst limitiert wird, d.h. ein Luxuskonsum weitgehend unterbleibt, kommt es selbst bei sehr hohen P-Gaben kaum noch zur P-Gehalterhöhung in den

Pflanzen, so dass nicht aufgenommener Phosphordünger im Boden verbleibt. Dieser Aspekt führt zur allmählichen Erhöhung des pflanzenverfügbaren P-Gehalts im Boden hin zur anzustrebenden P-GK C. In diesem Zusammenhang sind Angaben über die erforderliche P-Düngemenge zur Anhebung des P-Gehalts im Boden von Interesse. Die von KERSCHBERGER, M. veröffentlichten Kennzahlen liegen im Bereich von 40 - 60 kg P/ha für die Erhöhung des P-Gehalts im Boden um 1 mg/100 g Boden (0 – 10 cm Probenahmetiefe). GALLER, J. kommt auf dem Grünland in Österreich zu vergleichbaren P-Aufwandmengen von rund 50 kg P/ha. Die bei der Versuchsauswertung ermittelten Richtwerte enthalten die Tabellen 3 und 4.

**Tabelle 3:** P-Düngermengen zur Anhebung des pflanzenverfügbaren P-Gehalts um 1 mg P/100 g Boden (DL-Methode)  
Ergebnisse statischer P-Düngungsversuche auf Grünlandstandorten der Bodengruppen 3 und 4 in Thüringen und Sachsen(KERSCHBERGER, M.; 2012)

P-Gehalts-klasse	Bodengruppe 3			Bodengruppe 4		
	Anzahl Ver- suchs-orte	kg P/ha für 1 mg P/100 g Boden (Mittelwerte)	Spann- weite	Anzahl Ver- su- che	kg P/ha für 1 mg P/100 g Boden (Mittelwerte)	Spann- weite
A	7	50	30 - 70	7	50	30 - 80
B	2	40	30 - 50	3	25	20 - 30
C	-	-	-	4	30	20 - 40

**Tabelle 4:** P-Düngermengen zur Anhebung des pflanzenverfügbaren P-Gehalts um 1 mg P/100 g Boden (DL-Methode)  
Ergebnisse statischer P-Düngungsversuche auf Grünlandstandorten der Neuen Bundesländer (GREINER, B. u. a., 2010)

Versuchsort	Bodenart	P-Gehalts- klasse	P-Bilanz kg/ha	P- Gehaltserhö- hung mg/100 g Boden	kg P/ha für 1 mg P/100 g Boden
Hessberg	LT	A	+116	2,1	55
Oberweißbach	uL	B	+142	2,4	59
Christgrün	sL	B	+114	0,7	163
Hayn	sL	B	+90	2,6	35
Forchheim	sL	B	+96	1,5	64

<sup>1)</sup> Errechnet aus den veröffentlichten Versuchsdaten von GREINER, B. u. a., 2010

Die Ergebnisse der Einzelversuche belegen, dass zwischen den Versuchsstandorten doch z. T. erhebliche Abweichungen vom mittleren Orientierungswert vorliegen(Christgrün). Die Ergebnisse zeigen zugleich auch, dass im Bereich der P-GHK A die höchsten P-Gaben zur P-Gehaltserhöhung von 1 mg P/100 g Boden erforderlich sind. Der vorwiegende Grund hierfür ist sicherlich der, dass pflanzenverfügbares Phosphat (labile P-Fraktion des Bodens) weitgehend erschöpft ist, so dass mit dem Düngerphosphat sowohl diese für die Nachlieferung wichtigste P-Fraktion des Bodens als auch die leichtlöslichen P-Reserven zunächst aufzufüllen sind. Von Extremwerten abgesehen lässt sich ein Orientierungswert von rund 50 kg P/ha für die Anhebung des löslichen P-Gehalts um 1 mg/100 g Boden ableiten. Werden also in P-GK A jährlich rund 50 kg P/ha über die P-Abfuhr dem Boden zugeführt, so ist im Verlaufe eines Zyklus der Bodenuntersuchung von etwa 4 Jahren mit der Erhöhung des P-Bodengehaltes um 4 mg/100 g Boden zu rechnen. Damit wird in dieser relativ kurzen Zeit die P-GK B bzw. auch C erreicht. Unter diesen Bedingungen ist dann eine P-Düngung nur in Höhe der P-Abfuhr vom Feld für die Erzielung optimaler P-Gehalte der Pflanzen ausreichend, wobei auch der P-Gehalt des Bodens so weitgehend stabilisiert wird.

#### Fazit

Der Mineralstoffversorgung der Rinder vor allem der Hochleistungskühe kommt außerordentliche Bedeutung zu. Dabei gilt einer optimalen P-Zufuhr besondere Aufmerksamkeit. In diesem Zusammenhang bezeichnen Tierernährer den Phosphor als „Königin“ der Mineralelemente mit seiner zentralen Schlüsselrolle bei der Energiegewinnung und – übertragung sowie im Fruchtbarkeitsgeschehen der Rinder. Es gilt der von der Fachkompetenz vertretene Grundsatz, dass bereits mit dem Grundfutter die P-Versorgung der Rinder weitgehend abzusichern ist.

In zahlreichen aktuellen Fachbeiträgen wird festgestellt, dass insbesondere die P-Gehalte der Grünlandpflanzen in den letzten Jahren nicht mehr den Ansprüchen der Tierernährung gerecht werden. Als Ursache hierfür wird fast einhellig die Verarmung der Grünlandböden an pflanzenverfügbarem Phosphat infolge stark eingeschränkter bzw. unterlassener P-Düngung herausgestellt.

So sind gegenwärtig z. B. rund 70 % des Thüringer Grünlands mit Phosphat unterversorgt. RESCH, R. benennt die P-Unterversorgung für die Grünlandflächen in Österreich mit bis zu 80 %. Auch hier wird die Forderung nach der Aufdüngung von Böden mit unzureichendem P-Gehalt erhoben. Hierfür sind Richtwerte von Interesse, wie viel P-Düngung über den P-Entzug der Pflanzenernte verabfolgt werden muss, um den pflanzenverfügbaren P-Gehalt des Bodens zu erhöhen. Die aus den hier ausgewerteten Feldversuchen erhaltenen Angaben belaufen sich auf P-Mengen von ca. 40 – 60 kg/ha für 1 mg P/100 g Boden in 0 – 10 cm Bodentiefe.

Die Ergebnisse der im vorliegenden Beitrag besprochenen P-Düngungsversuche auf Grünlandstandorten lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

- Bei insgesamt niedrigeren P-Gehalten des Bodens (P-GK A und B) werden erst durch mehr oder weniger hoch über der P-Abfuhr liegende P-Düngermengen optimale P-Gehalte der Pflanzen von 0,35 – 0,4 % i. d. TM erreicht.
- Im mittleren P-Gehaltsbereich (P-GK C) ist eine P-Ersatzdüngung in Höhe der P-Abfuhr für wünschenswerte P-Pflanzengehalte ausreichend.
- Im Bereich hoher P-Gehalte des Bodens (P-GK D) werden schon mit einer verminderten P-Abfuhrdüngung und bei sehr hohen P-Gehalten des Bodens (P-GK E) ohne P-Düngung optimale P-Gehalte im Grünlandfutter erreicht.
- Unterbleibt eine P-Düngung, so kommt es zu Ertragsverlusten von rund 20% in P-GK A, 10% in P-GK B und 5% in P-GK C.

Diese so gefundenen spezifischen Zusammenhänge zwischen P-Gehalt des Bodens und P-Düngung belegen die sachlogisch begründete Wechselwirkung beider Faktoren hinsichtlich der Beeinflussung des P-Pflanzengehalts. Es bedarf also für die Erreichung optimaler P-Gehalte im Futter vom Mineralbodengrünland immer eines entsprechend ausreichend hohen P-Potenzials im Boden, das auf der Summenwirkung beider Faktoren beruht.

Die Ermittlung des erforderlichen P-Düngebedarfs sollte unter besonderer Berücksichtigung der aktuellen Ergebnisse der Bodenuntersuchung und dem standortbezogenen jährlichen TM-Ertrag/P-Entzug erfolgen. Je nach Bewirtschaftungsweise des Landwirtschaftsbetriebs erfolgt die P-Düngung auch in Form von Wirtschaftsdüngern, deren P-Gehalt als vollwertiges P-Mineraldüngeräquivalent einzubeziehen ist. Die dabei gegebenenfalls noch erforderliche P-Mineraldüngung kann rechtzeitig vor dem Schnitt bzw. Weidegang erfolgen, vorteilhaft sind auch Mehrnährstoffdünger. Günstig dabei ist die Ausbringung vor Bearbeitungsgängen wie Schleppen, Striegeln, Walzen. Auf Böden mit insgesamt niedrigen P-Gehalten (P-GK A u. B) sollten dabei vorrangig wasserlösliche P-Mineraldünger Anwendung finden. Für das Aufbringen von Düngemitteln gelten die zahlreichen Gebote der Düngeverordnung sowie die Hinweise zur Düngung der für das Bundesland zuständigen Behörde.