

# Ergebnisse von zwei bayerischen Phosphordüngungsversuchen zu Dauergrünland

von DR. MICHAEL DIEPOLDER und SVEN RASCHBACHER: **Langjährige Düngungsversuche im Grünland sind für die laufende Aktualisierung von Basisdaten und fachlichen Beratungsgrundlagen von großer Bedeutung. Nachfolgend werden Ergebnisse von zwei P-Düngungsversuchen (Phosphor-Düngungsversuchen) in unterschiedlichen Grünlandregionen Bayerns vorgestellt und diskutiert. Sie zeigen u. a., dass bei Wiesen mit unterschiedlicher Bestandszusammensetzung selbst bei ähnlich hohem Ertragspotenzial sowie gleicher Nutzungsintensität Unterschiede beim mittleren P-Gehalt des Futters und damit bei der P-Abfuhr bestehen. Sie zeigen zudem auch, dass bei niedriger P-Versorgung des Bodens hohe Erträge sowie für die Pflanzen- und Tierernährung optimale P-Gehalte erzielt werden können. Dies auch, wenn die jährlich zugeführte P-Düngung mehrjährig deutlich unter der P-Abfuhr durch das Erntegut liegt. Fehlende P-Düngung führt dagegen zu deutlichen Mindererträgen und suboptimalen P-Gehalten des Futters.**

## Einfluss der Düngung auf Boden und Futter

Phosphor ist für die Pflanze und das Tier ein lebenswichtiges Element sowie aktuell im Fokus von Gewässerschutz und Fachrecht (Düngeverordnung). Verbunden damit ist eine Aktualisierung von Basisdaten und fachlichen Vorgaben. Hierbei kommt spezifischen Pflanzenbauversuchen eine wichtige Bedeutung zu. In zwei auf Dauergrünland 2003 angelegten bayerischen Düngungsversuchen wird untersucht, 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 nur eine niedrige Phosphatversorgung (Gehaltsklasse B) aufweist. Die Versuchsergebnisse ergänzen Arbeiten von GREINER ET AL. (2010) bzw. bayerische Monitoringergebnisse (DIEPOLDER ET AL., 2016; DIEPOLDER UND RASCHBACHER, 2016) und sollen dazu beitragen Faustzahlen zur Kalkulation der P-Abfuhr bzw. der P-Düngung von Wirtschaftsgrünland zu überprüfen bzw. weiter zu optimieren.

## Material und Methoden

☐ Versuch im Allgäu: Ein Versuch wird seit 2003 im Allgäuer Alpenvorland am Spitalhof/Kempton (730 m über NN; mittlerer jährlicher Niederschlag 1 300 mm) auf einer natürlichen weidelgrasbetonten

Wiese mit vier Schnitten durchgeführt. Als Bodentyp liegt eine Braunerde-Parabraunerde auf einer würmeiszeitlichen Jungmoräne vor, Bodenart ist schluffiger Lehm. Der Humusgehalt in 0 bis 10 cm Tiefe beträgt 7,3 Prozent, der pH CaCl<sub>2</sub>-Wert liegt mit 4,9 im sehr sauren Bereich (im Unterboden pH 5,3 bis 5,5). Zu Versuchsbeginn lagen die Nährstoffgehalte des Bodens bei 7 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> CAL<sup>1</sup> bzw. 12 mg K<sub>2</sub>O<sub>CAL</sub> pro 100 g Boden.

☐ Versuch im Bayerischen Wald: Der zweite Versuch wurde von 2003 bis 2010 in Maierhofen im westlichen Vorwald des Bayerischen Waldes im Landkreis Straubing (450 m über NN; mittlerer jährlicher Niederschlag 850 mm) auf einer

	Variante	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	K <sub>2</sub> O
1	Ohne P-Düngung (Kontrolle)	0		
2	Superphosphat	50	4 x 50 als KAS	300 zum 1. Aufwuchs als Kornkali
3	zum 1. Aufwuchs	100		
4	Teilaufgeschlossenes Phosphat <sup>1)</sup>	50		
5	zum 1. Aufwuchs	100		
6	Weicherdiges Rohphosphat <sup>1)</sup>	50		
7	zum 1. Aufwuchs	100		
8 <sup>2)</sup>	4 x 25 m <sup>3</sup> /ha Rindergülle (4,6 Prozent TS, Prallteller)	4 x 25		

<sup>1)</sup> Am Spitalhof „Novaphos“, in Maierhofen; „Novaphos“ und „Cederan“

<sup>2)</sup> Güllevariante 8: Nur am Standort Spitalhof

☐ Tabelle 1: Düngevarianten (Nährstoffangaben in kg/ha)

Wiesenfuchsschwanzwiese mit i. d. R. vier Schnitten pro Jahr durchgeführt. Aufgrund von Trockenschäden des Versuchs im Jahr 2003 wurde dieses 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 bis 10 cm Tiefe ein Humusgehalt von 3,5 Prozent, ein  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ -Wert von ca. 5,0 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.

Beide Versuche wurden nach statistischen Grundsätzen als Exaktversuche angelegt. Die Versuchsvarianten sind in *Tabelle 1* dargestellt.

Neben einer Kontrollvariante (1) ohne P-Düngung und einer Güllevariante (8; nur Allgäuer Standort) erfolgte die P-Düngung bei sechs weiteren Versuchsgliedern (2 bis 7) ausschließlich mineralisch.

Es wurden drei P-Düngerarten (Super-P, teilaufgeschlossenes P, weicherdiges Rohphosphat) mit unterschiedlichem Aufschluss bzw. unterschiedlicher Löslichkeit in je zwei P-Stufen geprüft. Dabei beträgt die Düngung der reduzierten Stufe (50 kg  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ ) die Hälfte der vor Versuchsbeginn nach bisherigen Faustzahlen (WENDLAND ET AL., 2012) veranschlagten P-Abfuhr. Der P-Gehalt der Aufwüchse wurde nasschemisch nach bzw. in Anlehnung an Vorgaben des VDLUFA (2011) untersucht.

### Botanik der Pflanzenbestände und mittlere Futterwertzahlen

Die botanische Ausprägung der Pflanzenbestände unterscheidet sich auf beiden Standorten deutlich voneinander. Dies betrifft sowohl die Artenzahl als auch die Anteile an Grasarten bzw. Artengruppen (Gräser, Kräuter und Leguminosen) in der Frischmasse (*Tabelle 2, 3*). Kennzeichnend für den Standort Spitalhof ist ein artenärmerer Bestand mit einem wesentlich höherem Grasanteil gegenüber dem Standort Maierhofen, welcher deutlich mehr Kräuter und etwas mehr Leguminosen aufweist. Die Höhe der P-Düngung beeinflusste die Artenzahl, den Gräser- bzw. Kräuteranteil und den Anteil des Leitgrases in der Frischmasse in Maierhofen (*Tabelle 3*) stärker als am Spitalhof (*Tabelle 2*). Dort zeigte sich im mehrjährigen Mittel nur ein geringfügiger Effekt zwischen der Variante  $\text{P}_0$  und den gedüngten Varianten, jedoch fielen keine Unterschiede zwischen  $\text{P}_{50}$  und  $\text{P}_{100}$  auf. Die nur am Spitalhof vorhandene Güllevariante weist einen gegenüber den Varianten mit rein mineralischer Düngung etwas höheren Leguminosen- sowie einen leicht geringeren Gräseranteil auf.

Aus futterbaulich botanischer Sicht liegt am Spitalhof ein gegenüber Maierhofen hochwertigerer Pflanzenbestand vor, dies geht aus dem Vergleich der mittleren Futterwertzahlen ( $\emptyset$  FWZ, siehe *Tabelle 4, 5*) hervor. Auf beiden Standorten hatte fehlende P-Düngung ( $\text{P}_0$ ) eine niedrigere FWZ gegenüber den P-gedüngten Varianten zur Folge. Während jedoch am Spitalhof unterschiedliche P-Mengen bzw. P-Formen kaum zu einer Differenzierung der FWZ führten (*Tabelle 4*), war in

	Artenzahl	Deutsches Weidelgras	Prozent in der Frischmasse 1. Aufwuchs			
			Gem. Rispe	$\Sigma$ Gräser	$\Sigma$ Kräuter	$\Sigma$ Leguminosen
$\text{P}_0$	15,4	59	8	72	26	2
$\text{P}_{50}$ [Ø Var. 2, 4, 6]	16,2	63	9	77	22	1
$\text{P}_{100}$ [Ø Var 3, 5, 7]	15,7	64	8	78	20	2
$\text{P}_{\text{Gülle}}$	14,8	57	11	74	20	6

□ **Tabelle 2: Spitalhof** – Botanische Zusammensetzung der Pflanzenbestände (nach Klapp & Stählin, 1936) in Abhängigkeit von der Höhe der P-Düngung; Mittel der Jahre 2003, 2006, 2010

	Artenzahl	Wiesenfuchsschw.	Prozent in der Frischmasse 1. Aufwuchs			
			Knautgras	$\Sigma$ Gräser	$\Sigma$ Kräuter	$\Sigma$ Leguminosen
$\text{P}_0$	24,5	14	8	44	48	8
$\text{P}_{50}$ [Ø Var. 2, 4, 6]	23,2	24	10	56	37	7
$\text{P}_{100}$ [Ø Var 3, 5, 7]	20,5	29	11	61	32	7

□ **Tabelle 3: Maierhofen** – Botanische Zusammensetzung der Pflanzenbestände (nach Klapp & Stählin, 1936) in Abhängigkeit von der Höhe der P-Düngung; Mittel der Jahre 2003, 2005, 2007, 2010

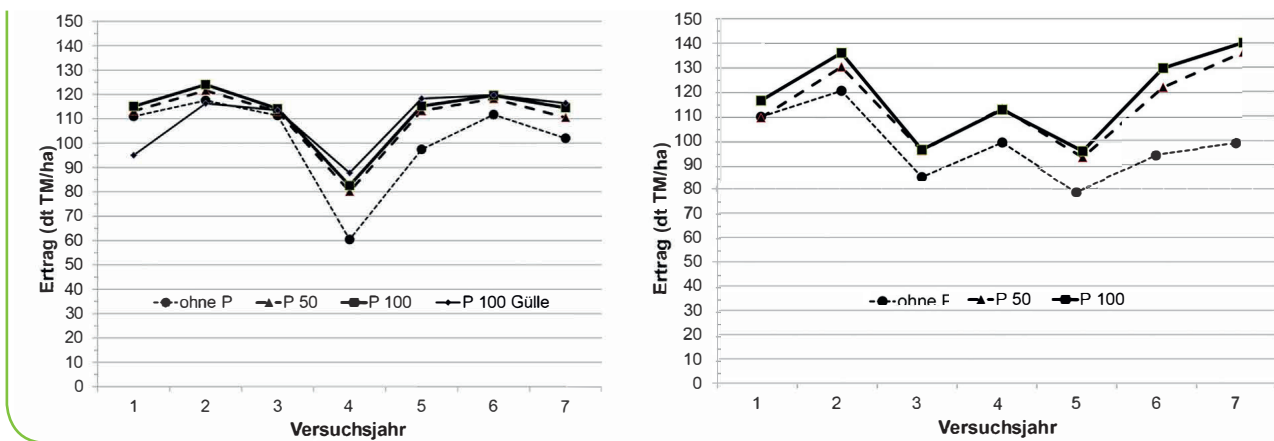


Abbildung: Entwicklungen der TM-Erträge bei unterschiedlicher Höhe der P-Düngung (P50 = Ø Varianten 2, 4, 6; P100 = Ø Varianten 3, 5, 7; zudem P100 über Gülle) an den Standorten Spitalhof (links) und Maierhofen (rechts)

Variante	Ø FWZ <sup>1)</sup>	TM-Ertrag <sup>2)</sup> (dt TM/ha)	Ø XP <sup>3)</sup> (g/kg TM)	Ø P <sup>3)</sup> (g/kg TM)
1 Kontrolle	6,74	101,6	163	2,95
2 P <sub>50</sub> Super-P	6,97	110,4	156	3,85
3 P <sub>100</sub> Super-P	6,99	112,9	156	4,16
4 P <sub>50</sub> teilaufg. P	6,90	110,1	154	3,43
5 P <sub>100</sub> teilaufg. P	6,99	112,0	151	3,82
6 P <sub>50</sub> w. Roh-P	6,82	109,5	159	3,41
7 P <sub>100</sub> w. Roh-P	6,95	111,5	153	3,58
8 P <sub>100</sub> Gülle	6,92	109,6	165	3,72

<sup>1)</sup> Mittel aus Bonituren von drei Jahren, Futterwertzahl nach Klapp et al., 1953  
<sup>2)</sup> Mittel aus sieben Jahren; GD<sub>5%</sub> = 4,7 dt/ha  
<sup>3)</sup> Mittel aus sechs Jahren, Ertragsanteile der Schnitte berücksichtigt

Tabelle 4: Mittlere Futterwertzahl (FWZ), Trockenmasse-Ertrag, mittlerer Rohprotein (XP)- und P-Gehalt im Aufwuchs der Varianten am Standort **Spitalhof**

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

<sup>1)</sup> Mittel aus Bonituren von vier Jahren, Futterwertzahl nach Klapp et al., 1953  
<sup>2)</sup> Mittel aus sieben Jahren (2004 bis 2010)  
<sup>3)</sup> nach Ertragsanteil gewichtete Mittel von sieben Jahren (2004 bis 2010); GD<sub>5%</sub> = 4,7 dt TM/ha; ca. 5 g XP/kg TM; ca. 0,2 g P/kg TM

Tabelle 5: Mittlere Futterwertzahl (FWZ), Trockenmasse-Ertrag, mittlerer Rohprotein (XP)- und P-Gehalt im Aufwuchs der Varianten am Standort **Maierhofen**

Maierhofen (Tabelle 5) zumindest im Trend bei zwei P-Formen ein leichter Anstieg der FZW von  $P_{50}$  zu  $P_{100}$  erkennbar.

### TM-Erträge

Auf beiden Standorten schwankten die TM-Erträge (Trockenmasse Ertrag pro Hektar) zwischen den Jahren stark, wobei fehlende P-Düngung meist zu deutlichen Ertragseinbußen führte. Die Differenz zwischen  $P_0$  und  $P_{gedüngt}$  fiel in Maierhofen höher als am Spitalhof aus und nahm zudem auf dem Standort im Bayer. Wald im Zeitverlauf eher zu (Abbildung). Zwischen  $P_{50}$  und  $P_{100}$  zeigten sich dagegen keine (Spitalhof) bzw. nur geringfügige (Maierhofen) Ertragsunterschiede.

Am Spitalhof bestanden bei den P-gedüngten Varianten (Var. 2 bis 8) weder hinsichtlich der P-Menge noch der P-Form signifikante Ertragsunterschiede (Tabelle 4). Im 7-jährigen Mittel lag der TM-Ertrag bei fehlender P-Düngung ( $P_0$ ) um durchschnittlich 9 Prozent niedriger als bei einer Düngung mit  $100 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$  ( $P_{100}$ ). Diese Differenz war in Maierhofen mit rund 17 Prozent fast doppelt so hoch. Zudem wurden auf diesem Standort bei voll- bzw. teilaufgeschlossenem Phosphat

bei der höheren Düngerstufe signifikant höhere TM-Erträge erzielt (Tabelle 5), was jedoch nicht für Rohphosphat zutraf.

Beide Standorte zeigen insgesamt ein sehr hohes Ertragsniveau bei hochwertigen Pflanzenbeständen. Dies trotz der (sehr) sauren Bodenverhältnissen um ca. pH 5,0.

### Rohprotein- und P-Gehalte in der Pflanze

Auf der Weidelgraswiese am Spitalhof wurden bei gleicher Nutzungsintensität und weitgehend ähnlichen TM-Erträgen höhere Rohprotein- und P-Gehalte als auf der Wiesenfuchschwanzwiese in Maierhofen gemessen (Tabelle 4, 5). Dies ist ein Hinweis darauf, dass aus rein fachlicher Sicht auch der Wiesentyp idealerweise bei der Düngebedarfsermittlung im Grünland Berücksichtigung finden sollte, wie es u. a. in Bayern bis 2017 der Fall war (WENDLAND ET AL., 2012).

Während sich auf beiden Standorten kein direkter Zusammenhang zwischen der P-Versorgung und dem Rohproteingehalt ableiten lässt, zeigen sich teilweise deutliche Effekte der Art und Höhe der P-Düngung auf den mittleren P-Gehalt im Futter. Dieser liegt auf beiden Standorten bei

Variante	P-Abfuhr <sup>kalkuliert</sup> (kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{dt TM}$ )	CAL-Phosphatgehalt <sup>Boden</sup> (mg $\text{P}_2\text{O}_5/100 \text{ g B.}$ )		
		0 bis 5 cm	5 bis 10 cm	10 bis 20 cm
1 Kontrolle	69	7	5	4
2 $P_{50}$ Super-P	97	11	7	4
3 $P_{100}$ Super-P	108	14	9	5
4 $P_{50}$ teilaufg. P	86	9	6	4
5 $P_{100}$ teilaufg. P	98	12	7	4
6 $P_{50}$ w. Roh-P	86	9	5	3
7 $P_{100}$ w. Roh-P	91	11	6	4
8 $P_{100}$ Gülle	93	11	7	4

<sup>1)</sup> Kalkuliert aus mittlerem Ertrag und mittlerem P-Gehalt

<sup>2)</sup> Mittel aus 12 Bodenprobennahmen im sieben-jährigen Untersuchungszeitraum

☐ Tabelle 6: Kalkulierte P-Abfuhr<sup>1)</sup> und mittlere CAL-Phosphatgehalte in 0 bis 5, 5 bis 10 und 10 bis 20 cm Tiefe<sup>2)</sup> am **Spitalhof**

Variante	P-Abfuhr <sup>kalkuliert</sup> (kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{dt TM}$ )	CAL-Phosphatgehalt <sup>Boden</sup> (mg $\text{P}_2\text{O}_5/100 \text{ g B.}$ )		
		0 bis 5 cm	5 bis 10 cm	10 bis 20 cm
1 Kontrolle	54	5	2	1
2 $P_{50}$ Super-P	81	8	3	1
3 $P_{100}$ Super-P	96	17	5	2
4 $P_{50}$ teilaufg. P	81	8	3	2
5 $P_{100}$ teilaufg. P	91	11	4	1
6 $P_{50}$ w. Roh-P	81	7	3	1
7 $P_{100}$ w. Roh-P	80	8	2	1

<sup>1)</sup> Mittel aus sieben Versuchsjahren (2004 bis 2010);  $\text{GD}_{5\%} = 8,0 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$

<sup>2)</sup> Mittel aus elf Bodenprobennahmen im Zeitraum 2003 bis 2010

☐ Tabelle 7: P-Abfuhr<sup>1)</sup> und mittlere CAL-Phosphatgehalte in 0 bis 5, 5 bis 10 und 10 bis 20 cm Tiefe<sup>2)</sup> in **Maierhofen**

Kontrollvariante 1 ( $P_0$ ) deutlich unter dem Wert der P-gedüngten Varianten. In Maierhofen wurde im Falle fehlender P-Düngung ein hinsichtlich Pflanzen- und Tierernährung gewünschter Richtwert von ca. 3,0 g P/kg TM deutlich unterschritten (Tabelle 5).

Bei den gedüngten Varianten zeigt sich am Spitalhof im Trend eine Zunahme des P-Gehalts in Abhängigkeit von der P-Düngungshöhe und der Wasserlöslichkeit des P-Düngers; dabei liegen die mittleren P-Gehalte der Aufwüchse bei ca. 3,4 bis 4,2 g P/kg TM (Tabelle 4). Auch der Standort Maierhofen (Tabelle 5) zeigt bei einer Spannweite von ca. 3,0 bis 3,5 g P/kg TM im Trend eine Zunahme der P-Gehalte in Abhängigkeit von Wasserlöslichkeit des P-Düngers und der gedüngten P-Menge – letzteres allerdings nicht beim Einsatz von Rohphosphat. Insgesamt ergibt sich damit zwischen  $P_{50}$  und  $P_{100}$  ein eng begrenzter Effekt (<0,2 bis 0,4 g P/kg TM) der P-Menge auf den P-Gehalt.

#### **P-Abfuhr und P-Gehalte im Boden**

Sowohl bei der Kontrollvariante 1 als auch bei den gedüngten Varianten lag die P-Abfuhr am Spitalhof meist deutlich über den Werten in Maierhofen (Tabelle 6, 7). Auf beiden Standorten wurde bei sauren Bodenverhältnissen (pH ca. 5,0) auch weicherdiges Rohphosphat in P-Ertrag umgesetzt. Allerdings zeigte sich hier bei der höheren Düngungsstufe gegenüber reduzierter Düngung nur eine sehr niedrige bzw. überhaupt keine P-Umsetzung, woraus gerade in Maierhofen ein deutlicher P-Überhang von 20 kg  $P_2O_5$  bei der höheren Düngungsstufe resultierte.

Eine Differenzierung der mittleren P-Gehalte im Boden war vor allem in 0 bis 5 cm Tiefe, dagegen nicht mehr unter 10 cm erkennbar. Dies bestätigt den Sinn der für Grünland-Bodenproben empfohlenen Beprobungstiefe von 0 bis 10 cm.

#### **Absenkung der Untergrenze gerechtfertigt**

Aus dem Vergleich der beiden Düngeversuche ergeben sich folgende Schlussfolgerungen: 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. Die bayerischen Versuchsergebnisse ergänzen mitteldeutsche Untersuchungen von GREINER ET AL., (2010) und geben u. a. einen Hinweis darauf, dass für Grünland eine Absenkung der Untergrenze der Gehaltsklasse „C“ gerechtfertigt ist.

#### **Danksagung**

Die Autoren danken den Mitarbeitern des LVFZ Spitalhof und der Versuchsstelle Steinach des AELF Deggendorf, der Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen sowie dem Sachgebiet Versuchswesen und Biometrie an der

bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in Freising und dem Fachzentrum Analytik der Landesanstalt für Wein und Gartenbau (LWG) in Veitshöchheim.

#### **Literatur**

- AMBERGER, A. (2015): Pflanzenernährung, 4. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- DIEPOLDER, M., RASCHBACHER, S. (2016): Phosphorgehalte von Grünlandaufwüchsen auf bayerischen Praxisflächen. „Schule und Beratung“, Heft 11-12/2016, Seite 34 – 38, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- DIEPOLDER, M., HEINZ, S., KUHN, G., RASCHBACHER, S. (2016): Ertrags- und Nährstoffmonitoring Grünland Bayern. „Schule und Beratung“, Heft 9-10/2016, Seiten 27 – 30, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- GREINER, B., SCHUPPENIES, R., HERTWIG, F., HOCHBERG, H., RIEHL, G. (2010): Ergebnisse aus zwölfjährigen Phosphor- und Kaliumdüngungsversuchen auf Grünland. VDLUFA-Schriftenreihe Bd. 66, Kongressbd. 2010 Kiel, VDLUFA-Verlag, Darmstadt, Seite 157 – 158.
- KLAPP, E., STÄHLIN, A. (1936): Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistung des Grünlandes. Buch, Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- KLAPP, E., BOEKER, P., KÖNIG, F., STÄHLIN, A. (1953): Wertzahlen der Grünlandpflanzen. Verlag Schaper, Hannover. Das Grünland 5: 2 Seiten.
- VERBAND DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALTEN (VDLUFA) (Hrsg.) (2011): Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. VII. Umweltanalytik, 4. Auflage 2011, einschließlich 1. Ergänzungslieferung 2014: 2.1.1 Nassaufschluss unter Druck, bzw. 2.2.2.6: Bestimmung von ausgewählten Elementen in pflanzlichem Material und Futtermitteln mit optischer Emissionsspektroskopie und induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES); VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- WENDLAND, M., DIEPOLDER, M., 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.

**DR. MICHAEL DIEPOLDER**

**SVEN RASCHBACHER**

BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT  
INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHEN LANDBAU, BODENKULTUR  
UND RESSOURCENSCHUTZ

michael.diepolder@lfl.bayern.de

sven.raschbacher@lfl.bayern.de