

## Wie Phosphor im Organischen Landbau zukünftig düngen? Wirkung von Phosphatdüngung und Phosphatform im Organischen Landbau

Steffens, D.<sup>1</sup> und Leithold, G.<sup>2</sup>

Keywords: P-Verfügbarkeit, Biosuperphosphat, Fleischknochenmehl, CAL-Methode

### Abstract

*The objective of this study was to investigate at which concentration of CAL extractable soil-P, a P fertilization resulted to a significant increase of yield in organic farming. For this various fertilizers were tested in pot and field experiments. In pot experiments with the soil (pH in CaCl<sub>2</sub>: 7.0 and 1.7 mg CAL-P/100 g soil) of the field experiment shoot biomass of maize was significantly higher in the basic slag + CaHPO<sub>4</sub> (50 and 75 mg P kg<sup>-1</sup> soil) than in the meat bone meal, biosuper P (mixture of RP and S<sup>0</sup>) and RP treatments. Under field conditions, a P fertilization of 15 kg P/ha did not result in a yield increase of spelt in 2006. Although in 2009 the highest concentration of CAL soil-P was analyzed in the basic slag + CaHPO<sub>4</sub> treatments, highest grain yield of winter wheat was obtained in the treatment of 30 kg P ha<sup>-1</sup> as meat bone meal, since with meat bone meal organic N is applied, too. Biosuper P fertilization resulted to a significant decrease of winter wheat grain yield. Grain yield of winter wheat in the basic slag + CaHPO<sub>4</sub> treatments was not higher than in the RP treatments. These differences in yield were not reflected in soil-P extracted with CAL.*

### Einleitung und Zielsetzung

Auf viehlosen und ökologisch wirtschaftenden Betrieben kann die P-Verfügbarkeit aufgrund der geringen chemischen Löslichkeit von weicherdigen Rohphosphaten (RP) problematisch werden. Bisherige Dauerversuche ergaben, dass eine langjährige RP-Düngung bei Boden pH-Werten > 6 zu keiner Zunahme an CAL extrahierbarem Boden-P führte (Steffens 1994). Ferner ist im Ökologischen Landbau noch nicht ausreichend untersucht, ab welcher Konzentration an verfügbarem P, extrahiert mit der CAL- oder DL-Methode, ein Mehrertrag durch eine P-Düngung erreicht wird (Kolbe et. al 1999). Ziel der vorliegenden Arbeit war es, zu untersuchen wie P-Düngung und P-Düngerformen auf die Erträge und das CAL extrahierbare P wirken.

### Methoden

Im Herbst 2005 wurde ein Feldversuch als vollrandomisierte 2-faktorielle Blockanlage mit 4 Wiederholungen pro Prüfglied (Parzellengröße 60 m<sup>2</sup>) sowie im Frühjahr 2006 mit dem Oberboden des Feldversuchsstandortes ein Gefäßversuch in kleinen Mitscherlichgefäßen angelegt. Der Versuchsboden ist eine erodierte Braunerde aus Löss mit einem pH-Wert (CaCl<sub>2</sub>) von 7,0 und 1,7 mg CAL-P/100 g Boden. Geprüft wurden die in Tab. 1 gezeigten Düngemittel. Bei dem Biosuperphosphat (BSP) handelt es sich um ein mit elementarem S und Kieserit (MgSO<sub>4</sub>) vermischtes RP, welches auch in der RP-Variante gedüngt wurde.

<sup>1</sup> Institut für Pflanzenernährung, Justus-Liebig-Universität, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Gießen, Deutschland, Email: Diedrich.Steffens@ernaehrung.uni-giessen.de

<sup>2</sup> Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Justus-Liebig-Universität, Karl-Glöcknerstr. 21 C, 35394 Gießen, Deutschland. Email: Guenter.Leithold@agr.uni-giessen.de

RP und Fleischknochenmehl (FKM) wurden feinvermahlen und BSP und Thomaskali (TK) in granulierter Form gedüngt. P wurde 2005 in Stufen von 0, 5, 10 und 20 kg P ha<sup>-1</sup> appliziert, die im Herbst 2006, 2007 und 2009 auf 0, 10, 20 und 30 kg P ha<sup>-1</sup> erhöht wurden. Nach der Ausbringung der Düngemittel im Herbst 2005 wurde Dinkel, im Frühjahr 2007 Hafer und anschließend für zwei Vegetationsperioden (ab Herbst 2007 bis Herbst 2009) ein Luzerne/Gras-Gemenge angebaut. Nach dem Umbruch des Luzerne/Gras-Gemenges im Spätherbst 2009 erfolgte die Aussaat von Winterweizen. Bei der Ausbringung der in Tab. 1 dargestellten P-Dünger wurden die anderen Nährstoffe (S, Mg und K) mit Kieserit und Kalisulfat kompensiert. Die mit dem BSP ausgebrachte elementare S-Menge wurde in den anderen Varianten nicht berücksichtigt. Mit FKM wurde nicht nur P und S gedüngt, sondern auch N. Aus diesem Grunde wurde der Dinkel in allen Parzellen im Frühjahr 2006 mit Jauche-N so gedüngt, dass in allen Varianten des Versuches 40 kg N ha<sup>-1</sup> appliziert wurde. Dazu wurde die Jauche zuvor mit CaCl<sub>2</sub> behandelt, um gelöstes P in der Jauche zu fällen. Die mit der Jauche ausgebrachte K-Menge wurde nicht weiter bei der Versuchsdurchführung berücksichtigt, da der Boden gut mit K versorgt ist und bei der Ausbringung der P-Düngemittel die in der höchsten TK-Stufe ausgebrachte K-Menge mit Kalisulfat ausbalanciert wurde. Die Ertragsbestimmung von Getreide erfolgte im Parzellenkerndrusch mit einem Parzellenmähdrescher. Die Ernte des Luzerne/Gras-Gemenges (3 Aufwüchse/Jahr) wurde mit einem Grasvollernter durchgeführt. In den im Frühjahr aus der Ackerkrume (0–25 cm Tiefe) gezogenen Bodenproben wurde das mit der CAL-Methode extrahierbare P analysiert (Schüller, 1969). Im Gefäßversuch wurden 5,5 kg luft-trockener Boden (< 4 mm) in kleine Mitscherlichgefäße eingewogen. Der Versuch umfasste eine Variante ohne P-Düngung (P0) sowie Varianten mit 25, 50 und 75 mg P kg<sup>-1</sup> Boden in Form der in Tab. 1 aufgelisteten P-Düngemittel. Jede Variante wurde vierfach wiederholt, so dass der Versuch insgesamt 52 Gefäße umfasste (3 P-Stufen x 4 Düngemittel x 4 Wiederholungen plus 4 Gefäße der Kontrollvariante). BSP wurde im Gefäßversuch in granulierter Form verabreicht, wobei RP, FKM und TK feingemahlen zugegeben wurde. Im Vergleich zum Feldversuch wurden die Böden in den Gefäßen mit 1,7 g N (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) Gefäß<sup>-1</sup> gedüngt, wobei der N, der durch FKM appliziert wurde, bei der Berechnung der mineralischen N-Gabe berücksichtigt wurde. Zusätzlich wurden die Böden mit KCl und Kieserit so gedüngt, dass nur P der limitierende Faktor für das Pflanzenwachstum (*Zea mays* L., cv. Amadeo, 4 Pflanzen/Gefäß) war.

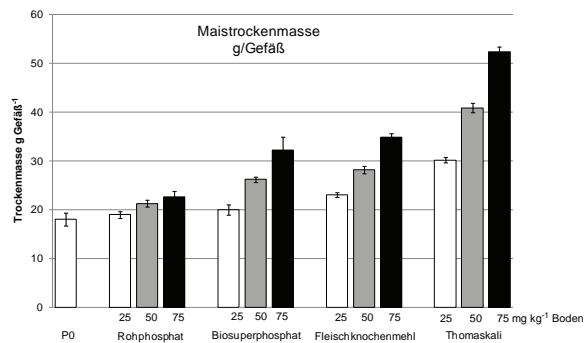
**Tabelle 1: Nährstoffkonzentrationen der im Feld- und Gefäßversuch geprüften P-Düngemittel. Angaben in Gewichtsprozent. Im Thomaskali liegt P als CaHPO<sub>4</sub> vor.**

Düngemittel	P	S	SO <sub>4</sub> -S	Mg	K	CaO	N
Rohphosphat	14,29	-	-	-	-	51,7	-
Bio-Superphosphat	2,45	57,0	4,81	3,32	-	-	-
Thomaskali	9,03	-	4,00	1,81	4,15	31,0	-
Fleischknochenmehl	7,77	0,252	-	0,284	0,321	22,1	7,03

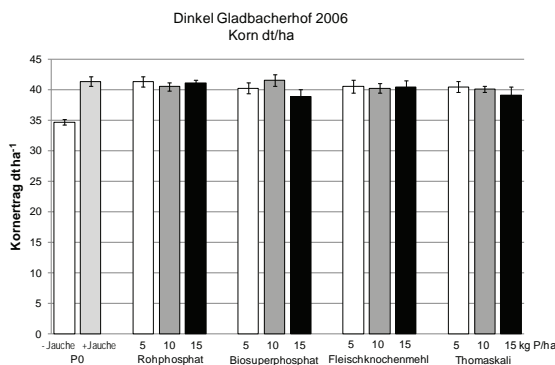
## Ergebnisse und Diskussion

Mit steigender P-Düngung stieg die oberirdische Biomasse von Mais im Vergleich zur P0-Variante an, wobei der geringste Ertragsanstieg in der RP-Variante und der stärkste Ertragsanstieg in der TK-Variante zu verzeichnen war. Beimischung von elementarem S erhöhte die Löslichkeit von RP im BSP, so dass die Ertragswirksamkeit von BSP höher war als die von RP (Abb. 1). Die positive Wirkung von BSP beruht auf einer mikrobiellen Oxidation von elementarem S zu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, die RP aufschließt. Im Prinzip spiegeln die Maiserträge die chemische und biologische Löslichkeit der gedüngten Düngemittel recht gut wider. Entscheidend für den praktischen Einsatz ist aber die Ertragswirksamkeit der verschiedenen P-Düngemittel unter Feldversuchsbedingungen. In dem von uns angelegten Feldversuch

war keine signifikante Wirkung einer P-Düngung zu erkennen (Abb. 2). Im Vergleich dazu zeigte die Düngung mit der P-armen Jauche eine sehr deutliche Wirkung auf den Kornertrag von Dinkel. Dieser Befund verdeutlicht, dass zu Versuchsbeginn und unter den gegebenen Produktionsbedingungen das Ertragspotenzial von Dinkel weniger durch P als durch N begrenzt war. Ein ähnliches Ergebnis wurde für Hafer in 2007 erzielt. Die Erträge des Luzerne/Gras-Gemenges



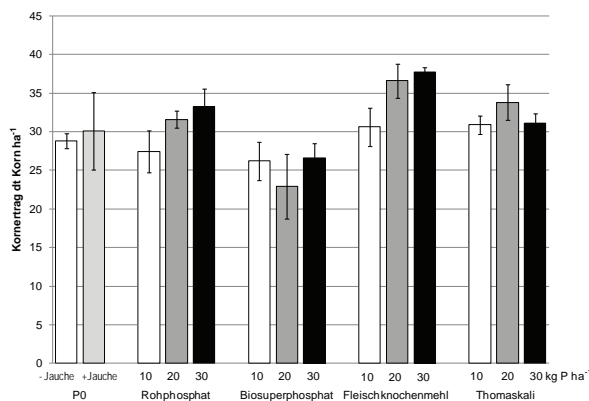
**Abbildung 1: Einfluss von P-Düngung und P-Form auf die Sprossbiomasse von 45 Tage alten Maispflanzen im Gefäßversuch. ± Fehler des Mittelwerts.**



**Abbildung 2: Einfluss von P-Düngung und P-Form auf den Kornertrag von Dinkel im Feldversuch 2006. Mit Jauche wurde 40 kg N ha<sup>-1</sup> im Frühjahr 2006 gedüngt. ± Fehler des Mittelwerts.**

zeigten ein anderes Bild. Im Jahr 2008 war ab dem 2. Aufwuchs ein Rückgang in den BSP-Varianten, der auch in 2009 auftrat, zu messen. Diese im Vergleich zum Gefäßversuch festgestellte Ertragsminderung dürfte auf die von Feng et al. (1997) gemachte Beobachtung zurückzuführen sein, dass Leguminosenwurzeln im Vergleich zu Mais recht empfindlich auf niedrige pH-Werte reagieren. Die Autoren berichteten vom Absterben von Ackerbohnenwurzeln in der Nähe eines NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-Depots im Boden, da die Nitrifikation von NH<sub>4</sub><sup>+</sup> den das Depot umgebenden Boden sehr stark versauerte. Die pH-Werte in unmittelbarer Nähe der Biosuperphosphatgranulate dürften durch die S-Oxidation zu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> recht stark abgefallen

sein. Nach dem Umbruch des Luzerne/Gras-Gemenges und einer erneuten P-Düngung wurde Winterweizen angebaut. Es zeigt sich, dass die Weizenerträge im Vergleich zur P<sub>0</sub>-Variante in den RP-, FKM- und TK-Varianten anstiegen (Abb. 3), wobei der Höchstertrag in der Variante mit 20 kg P ha<sup>-1</sup> als FKM erreicht wurde. Im Vergleich zum Gefäßversuch lagen die Erträge der FKM- über denen der TK-Varianten. Dieser Befund lässt vermuten, dass der im FKM vorhandene N zusätzlich den Ertrag förderte. Für diese Vermutung sprechen die Ergebnisse der Bodenuntersuchung auf CAL extrahierbares P. Nach 6-jähriger Versuchsdauer und viermaliger P-Düngung spiegelte sich die Löslichkeit der gedüngten P-Düngemittel in der Konzentration an CAL extrahierbarem P wider. Die höchsten Gehalte an CAL-P stellten sich in den Varianten mit TK ein.



**Abbildung 3: Einfluss von P-Düngung und P-Form auf den Kornertrag von Winterweizen im Feldversuch 2010. Mit Jauche wurde 40 kg N ha<sup>-1</sup> im Frühjahr 2006 gedüngt. ± Fehler des Mittelwerts.**

## Literatur

- Steffens, D. (1994): Phosphorus release kinetics and extractable phosphorus after long-term fertilization. *Soil Sci. Am. J.* 58: 1702-1708.
- Feng, K., Yan, F., Schubert, S. (1997): Response of *Zea mays* and *Vicia faba* to CULTAN fertilization. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 160: 291-293.
- Kolbe, H., Rikabi, F., Albert, E., Ernst, H., Förster, F. (1999): Ansätze zur PK-Düngungsberatung im ökologischen Landbau. *VDLUFA-Schriftenreihe* 52: 223-226.
- Schüller, H. (1969): Die CAL-Methode, ein neue Methode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphors in Böden. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 123: 48-63.