

Nährstoffrecycling

Welche Phosphatprodukte eignen sich für den Ökolandbau?

Die Minen, in denen Rohphosphat abgebaut wird, sind allmählich erschöpft. Gleichzeitig sinken die Phosphorgehalte der ökologisch bewirtschafteten Böden. Es wird Zeit, sich Gedanken über alternative Quellen und Produkte zu machen. **Wilhelm Römer** gibt Anstöße.

Die Phosphorbilanzen eines ökologisch wirtschaftenden Betriebes sind oft negativ. Der Wirtschaftsdünger, der hier hauptsächlich als Quelle dient, enthält oft nicht genügend Phosphat, um den Phosphorexport, etwa über Getreide, Körnerleguminosen, Fleisch, Milch oder Eier, auszugleichen. Über Jahre hinweg rutscht dann der Gehalt des Bodens an Phosphor (P) in die niedrige Gehaltsklasse A¹ und die Erträge gehen signifikant zurück, wenn nicht Kompost oder mineralischer Phosphor zusätzlich ausgebracht werden. Phosphor in mineralischer Form ist jedoch auf das natürlich vorkommende Rohphosphat beschränkt, dessen Vorkommen endlich ist. In Zukunft werden die Preise deshalb steigen. Einen Vorgeschmack gab es 2007/2008, als der Preis quasi über Nacht auf 300 Prozent anstieg. Zwar ist er in den vergangenen Jahren wieder gesunken, nicht aber auf das niedrige Niveau von vor 2007.

Eine Möglichkeit, diese endliche Ressource zu schonen, besteht darin, phosphorhaltige Abfälle wiederaufzubereiten, zu recyceln. Deshalb förderten drei Bundesministerien² ab 2004 Forschungs- und Industrieprojekte, die geeignet erschienen, Technologien und Pilotanlagen zum Phosphorrecycling zu entwickeln und in die Praxis umzusetzen. Ferner gab es das EU-Projekt SUSAN³ mit ganz ähnlichem Inhalt (Adam et al., 2008). Wissenschaftler, unter anderem der Universitäten Gießen und Göttingen sowie der Forschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig, testeten die in diesen Projekten hergestellten P-Recyclingprodukte in Vegetationsversuchen.

Versuchsanlage

Die P-Aufnahme von Maispflanzen sollte den Forschern Aufschluss darüber geben, wie die verschiedenen Phosphatprodukte pflanzenverfügbar sind. Sand- und Lehmböden von drei Standorten dienten als Bodensubstrat bei den ein- bis zweijährigen Topfversuchen (siehe Tab. 1, S. 43). In Gewächshäusern, Klimakammern oder im Freien stehend, waren die Böden gut mit Nährstoffen versorgt und erhielten meistens 60 Milligramm Phosphor pro Kilogramm Boden. Um Vergleiche anstellen zu können, gab es Nullvarianten ohne Phosphor und solche mit Rohphosphat, das im ökologischen Landbau zugelassen ist. Wasserlösliches, schnellverfügbares Triplesuperphosphat in manchen Gefäßen diente dazu, den Boden hinsichtlich der Düngewürdigkeit zu beurteilen.

Schwermetalle: Es geht auch ohne

Der konventionelle Landbau kann relativ leicht beantworten, ob es unter den Recyclingprodukten geeignete P-Dünger gibt. Im Ökolandbau hingegen bestimmen etwa die Kriterien Wasserlöslichkeit und Schwermetallgehalt oder die relative Wirkung zu Rohphosphat, ob sie sich eignen. Zum Beispiel zeigen die Aschen – ob aus Klärschlamm oder Tiermehl – eine nur unwesentlich bessere Wirkung als Rohphosphat, zudem ist diese noch unsicher und verlangt weitere Forschung (vgl. Schick, 2009; Bauer et al., 2013). Das Rohphosphat zeigte auf allen drei Böden lediglich einen leichten Effekt (siehe Tab. 1, S. 43). Doch statistisch gesehen unterscheidet sich dieses Ergebnis nicht signifikant von der Kontrolle ohne P.

In puncto Schwermetalle gibt es einerseits eine gute Nachricht: Wird Klärschlammasche unter Zugabe von Chlorid nochmals erhitzt, verflüchtigen sich diese giftigen Metalle. Die

1 < 2 mg P/100 g Boden laktatlöslicher Phosphor laut Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V. (VDLUFA, 1997)

2 Bundesministerien für Bildung und Forschung (BMBF), für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)

3 www.susan.bam.de

schlechte Nachricht besteht darin, dass nach Nanzer et al. (2009) bei diesem Prozess offenbar Chlorapatite entstehen. Apatite sind die P-Verbindungen, die sich am schwersten lösen. Das könnte die geringe P-Wirkung der Ascheprodukte von Ash-Dec und BAM erklären. Zum Beispiel erreichte die Asche von Ash-Dec nur auf dem Boden aus Gieboldehausen den relativen Wert von 145 Prozent. Auch Tiermehlasche war nicht in der Lage, einen signifikant positiven Effekt auf die P-Aufnahme auszuüben. Bewahrheitet sich diese Vermutung, wäre dem Ökolandbau hiermit nicht geholfen, obwohl diese Aschen zudem frei von organischen Schadstoffen und Keimen sind.

Interessant wird es bei Ulo-Phos, dem Sinterphosphat. Diese Art von Calcium-Natrium-Phosphat war vor mehreren Jahrzehnten als Rhenania-Phosphat oder Alkalisinterphosphat im Handel erhältlich. Es ist von vornherein arm an Schwermetallen – ein klarer Vorteil gegenüber den Aschen aus Klärschlamm. Organische Schadstoffe werden durch Hitze zerstört. Das Produkt ist zudem nicht wasserlöslich und wäre daher im Ökolandbau richtlinienkonform. Sowohl auf dem sauren Sandboden als auch auf den Lehmböden zeigte dieses Produkt eine akzeptable P-Düngewirkung. Auf Sandboden wurden 160, auf Lehmböden 126 bis 163 Prozent gemessen.

Auch Calcium-Phosphat wurde getestet. Im Gegensatz zu Ulo-Phos setzte sich dieses offenbar nur im sauren Milieu des Sandbodens um (168 %) und wirkte sonst tendenziell wie Rohphosphat.

Magnesiumphosphate vielversprechend

Wie Produkte als P-Quelle auf Pflanzen wirken, hängt stark von ihrer Löslichkeit ab – also von ihrer chemischen Struktur. Diese ist bei den Produkten P-Roc, Fix-P und SESAL sowie

Pasch I–III im Herstellungsprozess schwer vorzubestimmen und damit die Prognose ihrer Wirkung (siehe Tab. 2, S. 44). Die Calciumphosphate Pasch I, II und III sowie P-Roc 08 erbrachten bei der Prüfung auf den sauren Sandböden P-Aufnahmen von 121 bis 132 Prozent. Auf den Lehmböden zeigten auch alle anderen Calciumprodukte lediglich Werte von unsicheren 93 bis 118 Prozent. Am ehesten sind sie also für die sauren Sandböden geeignet. Wenn bekannt ist, aus welchen einzelnen Calciumphosphaten sich das Produkt zusammensetzt, kann die Wirkung vorhergesagt werden.

Um den Wirkungsmechanismus der Kupolofen⁴-Schlacke zu durchschauen, ist weitere Forschung nötig, denn sie konnte nicht ausreichend getestet werden. Auf dem Lehmboden aus Gieboldehausen ließ sie allerdings durch eine eindeutig erhöhte P-Aufnahme von 200 Prozent aufmerken.

Als eine sehr bemerkenswerte Verbindung stellte sich das Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP) heraus. Ähnlich dem Triplesuperphosphat hat es sowohl auf dem Sandboden (+76 bis 112 %) als auch auf den beiden Lehmböden (+40 bis 109 %) hohe oder gar sehr hohe P-Aufnahmen bewirkt. Das Verblüffende an diesem Produkt ist, dass es selbst nicht wasserlöslich ist (Römer, 2006). Die Wasserwerke Berlin fällen und separieren MAP bereits im Abwasser. Es gibt auch Versuche, das Phosphat aus Schweinegülle unter Zugabe von Magnesium als MAP zu recyceln (Suzuki et al., 2007). Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass das MAP von hoher Reinheit sein muss. Verbliebene Eisenphosphate beispielsweise kann die Pflanze schlecht verwerten (Cabeza, 2010; Römer, 2006).

Das Argument, dass MAP ein Mineraldünger mit mineralischem Stickstoff sei, ist sachlich zwar richtig. Doch der absolute Effekt ist nahezu unbedeutend. Mit 100 Kilogramm MAP pro Hektar werden 13 Kilogramm Phosphor ausgebracht (reicht für 45 dt Weizen), aber nur sechs Kilogramm Stickstoff (N) – also eine vergleichsweise geringe N-Menge.

Eine ganz ähnliche Wirkung wie das MAP hat das Magnesiumphosphat der Firma Seaborne Umwelttechnik. Mit 156 Prozent nahmen die Maispflanzen dieses auf dem sauren Sandboden recht gut auf (nach Waida und Weinfurtner, 2011; in der Tabelle nicht dargestellt). Damit wird noch einmal deutlich, dass Magnesiumphosphate im Boden leichter umsetzbar sind als Calciumphosphate (vgl. Römer, 2006). Damit könnte Magnesiumphosphat eine Düngealternative für den ökologischen Landbau sein. Denn Magnesiumsalze werden bergmännisch in Deutschland abgebaut und können der P-Fällung dienen.

Tab. 1: Phosphoraufnahme der Maispflanzen in mg P/kg Boden

Varianten	Düshorn (Sand, pH 4,4–4,7)		Sattenhausen (Lehm, pH 5,4–6,8)		Gieboldehausen (Lehm, pH 5,4–6,8)	
ohne Phosphat, mg P/kg	12,5	a*	17,5	ab	11	ab
ohne Phosphat, relativ (%)	100		100		100	
Rohphosphat	120	a	100	ab	82	a
Calciumphosphat	168	b*	100	ab	104	ab
Ulo-Phos	160	b	126	bc	163	bc
Klärschlammasche	120	a	114	ab	145	b
Kupolofen-Schlacke	120	a	–	–	200	e
Tiermehlasche	120	a	97	ab	118	ab
MAP** (Struvit), Seaborne	212	c*	140	cd*	204	e*
MAP (Struvit), Stuttgart	176	b	160	d	209	e
MAP (Struvit), Gifhorn	148	b	126	c	200	e
Triplesuperphosphat (TSP)	284	c	160	d	200	e

* Unterschiedliche Buchstaben (a, b, c ...) geben signifikante Differenzen zwischen den Versuchsgliedern bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 5\%$ an. | ** Magnesium-Ammonium-Phosphat | Quelle: Cabeza (2010)

4 Schachtofen, in dem Metalle geschmolzen werden

Tab. 2: Übersicht über die Phosphatprodukte

Produktname/Produkt	Bestandteile	Herstellung/Gewinnung	Düngewirksamkeit
Dolophos ^a	▶ Rohphosphat: Phosphorit, Apatit	▶ Abbau in Phosphatminen	▶ in sauren Böden; nicht wasserlöslich
Calciumphosphat ^b	▶ eventuell organische Schadstoffe und Keime aus Abwasser	▶ P aus Abwasser kristallisiert aus etwa an Oberflächen des Calcium-Silikat-Hydrats, bzw. fällt bei Kalkzugabe aus	▶ ähnlich Rohphosphat bis etwa pH 5,6
Seaborne ^c	▶ Magnesiumphosphat	▶ Fällung aus säuregelöstem Klärschlamm	▶ größer als Calcium-Phosphate
Struvit (MAP) ^d	▶ Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP)	▶ aus Klärschlamm; Zugabe von Mineralsäuren, dann Mg-Salz und Ammonium; fällt bereits in Rohrleitungen von Abwasserbehandlungsanlagen spontan aus	▶ hoch, auch bei pH > 6; nicht wasserlöslich
Ulo-Phos	▶ Calcium-Natrium-Phosphat; arm an SM ^e	▶ Tiermehle werden mit Quarzsand und Soda im Drehrohrofen bei 1 000 °C erhitzt	▶ akzeptable Düngewirkung auch bei höheren pH-Werten; nicht wasserlöslich
Klärschlammprodukte P-Roc 08, Fix-P, SESAL, Pash (I, II, III)	▶ Apatite; primäre, sekundäre, tertiäre Calciumphosphate ^f	▶ Fällung aus Klärschlamm, Zugabe von Mineralsäuren und Ca-, Mg-Salzen bzw. Kalk	▶ sehr unterschiedlich, je nach Bestandteilen; am ehesten auf saurem Sandboden akzeptabel
Klärschlammaschen (BAM ^g , Ash-Dec)	▶ verschiedene Phosphate, auch schwerlösliche Chlorapatite; frei von organischen Schadstoffen und Keimen, arm an SM	▶ Zugabe von z. B. Ca-, K-, Mg-Chlorid, nochmaliges Erhitzen bei 1 000 °C	▶ ähnlich Rohphosphat
Kupolofen-Schlacke	▶ ähnlich wie Thomasmehl	▶ im Kupolofen bei 2 000 °C bei Kalkzugabe – Phosphat geht in Schlacke über	▶ auf schweren Böden akzeptabel

a hohe Uran- und Cadmiumgehalte je nach geografischer Herkunft | b, c, d extrem niedrige Gehalte an radioaktivem Uran, Thorium und Radium | e SM = Schwermetalle | f je nachdem, wie viele Wasserstoffatome an den drei OH-Gruppen des Phosphatmoleküls durch Calcium-Ionen ersetzt sind | g Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin

Klar bleibt, dass auch MAP, egal wie es gewonnen wird, dem Düngemittelrecht entsprechen muss – insbesondere was eventuelle Belastungen mit organischen Schadstoffen und Keimen betrifft. Aber bestechend ist der Gedanke, diese nichtwasserlösliche Verbindung jenen Landwirten zur Verfügung zu stellen, die Böden mit pH-Werten über sechs bewirtschaften.

Zum Schluss ist noch darauf hinzuweisen, dass Produkte des P-Recyclings wie Calcium- und Magnesiumphosphate von Seaborne oder auch Magnesium-Ammonium-Phosphate verschiedener Quellen extrem niedrige Gehalte von radioaktivem Uran, Thorium und Radium besitzen, ganz im Gegensatz zu Rohphosphaten aus den verschiedensten Phosphatminen der Welt, bei denen die Radioaktivität weitaus höher ist – von den magmatischen Kola-Apatiten in Russland einmal abgesehen (Römer et al., 2010).

Ansätze vorhanden

Insgesamt ergibt sich, dass aus dem P-Recycling durchaus Produkte für den Ökolandbau geeignet sein können, etwa Sinterphosphat (Ulo-Phos), Magnesiumphosphat und Magnesium-Ammonium-Phosphat (Struvit). Aschen, sowohl aus Klärschlämmen als auch aus Tiermehlen, waren in ihrer P-Düngewirkung unbefriedigend und sind generell als P-Dünger nicht zu empfehlen.

Die P-Recyclingprodukte sind in Topfversuchen mit Maispflanzen getestet worden, Freilandversuche müssen die Ergebnisse für die Praxis bestätigen. Für die Gewinnung und Herstellung der Produkte sind praktikable Verfahren zu etablieren.

Sowohl die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) als auch das Bundesministerium für Umwelt (BMU) und das Umweltbundesamt (UBA) setzen sich weiterhin für das Phosphatrecycling ein. Zudem gibt es seit letztem Jahr auf Beschluss der Umweltminister eine „Deutsche Phosphor-Plattform“ der Fraunhofer-Projektgruppe.

Die Anbauverbände des Ökolandbaus sind angesprochen, sich mit der P-Problematik ihrer Betriebe zu befassen und die zur Zeit in der Erprobung befindlichen Technologien zu hinterfragen, inwieweit deren P-Produkte für ihre Landwirte zur Anwendung gelangen können. ■

▶ **Weitere Informationen und komplette Liste der verwendeten Literatur in Römer, W. (2013): Phosphordüngewirkung neuer Phosphatrecyclingprodukte. In: Berichte über Landwirtschaft, Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, herausgegeben vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Band 91, 24 S. Als pdf abrufbar unter <http://buel.bmelv.de/index.php/buel/article/view/Roemer/Roemer-pdf>**



Prof. Dr. Wilhelm Römer
Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Carl-Sprengel-Weg 1, D-37075 Göttingen
awroemer@web.de