



POSITION // MAI 2015

Schonung von Phosphor-Ressourcen aus Sicht einer nachhaltigen Boden- nutzung und des Bodenschutzes

Impressum

Herausgeber:

Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU)

Die KBU unterstützt das Umweltbundesamt durch sachverständige Beratung. Sie bearbeitet nicht nur Themen des Bodenschutzes, sondern auch angrenzende Themenfelder. Die Kommission dient als eine Schnittstelle auf Bundesebene. Sie führt die wesentlichen Akteure des Bodenschutzes aus Wissenschaft, Praxis und Verwaltung übergreifend zusammen.

Mitglieder der KBU:

Franz Makeschin (Vorsitz), Gabriele Broll, Jens-Uwe Fischer, Peter Grathwohl, Christina von Haaren, Bernd Hansjürgens, Ulrich Köpke, Friedrich Rück, Ewald Schnug, Hubert Wiggering, Jutta Zeitz

Weitere Autoren:

Wolf Eckelmann, Felix Ekardt, Kerstin Hund-Rinke

Geschäftsstelle:

Umweltbundesamt
Fachgebiet II 2.7
Frank Glante, Jeannette Mathews
frank.glante@uba.de
<http://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/kommissionen-beiraete/kommission-bodenschutz>

Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 www.facebook.com/umweltbundesamt.de

 www.twitter.com/umweltbundesamt

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/schonung-von-phosphor-ressourcen-aus-sicht-einer>

Bildquellen:

Titel: Acker © Martina Chirnielewski / Fotolia.de

Stand: Mai 2015

ISSN 2362-8273

Anlass

Mit Blick auf die Endlichkeit der Ressource Phosphor (P) wird dessen Recycling nunmehr auch von der Politik wahrgenommen. In diesem Kontext mahnt die Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU) eine ressourceneffiziente Nutzung von Phosphor in der Landwirtschaft an, die sich an der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und dem Schutz ökologischer Bodenfunktionen orientiert. Die KBU fordert eine realistische, fakten- und wissenschaftsbasierte Abwägung der Strategien, Chancen und Risiken des künftigen Umgangs mit diesem Nährstoff in Konzepten nachhaltiger Bodennutzung und Ressourcenschonung.

Sachstand

Phosphor (P) ist Nährelement für alle Lebewesen. Er nimmt eine Schlüsselrolle u.a. bei den zellulären Energieflüssen und als Bauelement der DNA ein. Als essentielles Nährelement ist Phosphor nicht durch andere Elemente substituierbar und wird somit bei Mangel zum limitierenden Wachstumsfaktor für jeden Organismus. Der Nährstoff kommt in der Erdkruste ausschließlich in Phosphaten gebunden vor. In Böden sind die Phosphate organisch und mineralisch in der Festphase gebunden.

Die globalen Phosphatreserven sind endlich. Je nach Szenario wird die Reichweite abbauwürdiger Reserven auf 50-200 Jahre geschätzt (Ulrich, 2013). Die Landwirtschaft ist weltweit der größte Verbraucher an Phosphaten. In Deutschland wird etwa ein Viertel des Einsatzes an Dünger-Phosphaten durch Mineraldünger gedeckt; etwa zwei Drittel werden über Wirtschaftsdünger (v.a. Stallmist, Gülle) auf Nutzflächen zurückgeführt, d.h. recycelt. Schlachtnebenprodukte und Klärschlämme decken weitere 10% der P- Zufuhr der landwirtschaftlich genutzten Böden (Kratz et al., 2014).

Derzeit werden in Deutschland jährlich rund 110.000 t Mineraldünger-P aus Rohphosphaten eingesetzt (Kratz et al., 2014). Die in Deutschland verfügbaren P-Mengen aus Wirtschaftsdüngern, Komposten u.a. (neben Mineraldüngern) sind um etwa 25 Prozent größer als der derzeitige Bedarf. Das bedeutet, dass grundsätzlich der gesamte P-Bedarf der Primärproduktion mengenmäßig durch Phosphat

aus Wirtschaftsdüngern gedeckt werden könnte. Die Rückführung von Wirtschaftsdünger-Phosphat gelingt – wo produktionstechnisch möglich - am effizientesten in Gemischtbetrieben oder durch Kopplung von Feldwirtschaft und Tierhaltung in regionaler überbetrieblicher Zusammenarbeit.

Der effiziente und ressourcenschonende Einsatz von Wirtschaftsdüngern ist neben der Erschließung der im Boden vorhandenen Reserven daher der wirkungsvollste Beitrag der Landwirtschaft zur Schonung der P-Ressourcen.

Phosphor weist im Vergleich zu anderen Pflanzennährstoffen, die regelmäßig Böden durch Düngung zugeführt werden müssen, einige Besonderheiten auf:

1. Eine in Böden mineralischen Ursprungs sehr geringe Mobilität. Dies bedingt, dass Pflanzen den größten Teil ihres aktuellen P-Bedarfs aus P decken, das aus früheren Düngungsmaßnahmen stammt und in die Bodenlösung remobilisiert wurde. Dieses aktuell (für eine Vegetationsperiode) aus dem Boden verfügbare Phosphat wird durch eine Bodenuntersuchung auf extrahierbares P (sog. pflanzenverfügbares P) bestimmt und mit Gehaltsklassen von A (unterversorgt) bis E (extrem überversorgt) quantifiziert. In der Gehaltsklasse C reicht das aus Bodenvorräten verfügbare Phosphat zur Deckung des Bedarfs einer Ernte oder des Ertrages einer Rotation, je nachdem, ob jährlich oder nur einmal in der Fruchtfolge gedüngt wird. Bei höheren Gehalten im Boden (Klassen D und E) werden durch Düngung keine signifikanten Mehrerträge erreicht (Römer, 2014). Mit Erreichen der Gehaltsklasse C müssen daher fortan nur noch die Mengen an Phosphat durch Düngung ergänzt werden, die durch den Entzug der Ernten des Folgejahres oder der Fruchtfolge zu erwarten sind.

In diesem Zusammenhang bemängelt die KBU den in Deutschland nur sehr eingeschränkten Zugang zu Ergebnissen der Bodenuntersuchungen auf P und fordert gesetzliche Regelungen damit diese Daten als Grundlage für strategische Planungen im Ressourcenschutz verfügbar gemacht werden.

2. P geht aus Böden mineralischen Ursprungs kaum durch Auswaschung und generell nicht gasförmig verloren. Auf diesen Böden gibt es praktisch keine unvermeidbaren Verluste von P bzw. können diese durch Maßnahmen der guten ackerbaulichen Praxis (z. B. Erosionsvermeidung) verhindert werden (seltene Ausnahme sind saure Böden mit sehr hohem Anteil an organischer Substanz wie z.B. Moorböden). Die Löslichkeit der Fällungsprodukte nimmt mit dem Alter ab, das darin gebundene Phosphat bleibt aber, wenn auch mit stetig abnehmenden Anteilen, weiterhin pflanzenverfügbar.
3. Die langfristige Ausnutzung von P-Düngern kann experimentell nicht bestimmt werden (Schnug et al., 2015). In sich stabile Vegetationssysteme ohne externe P-Zufuhr implizieren jedoch, dass P über lange Zeiträume hinweg von Pflanzen vollständig genutzt werden kann. Pflanzen nehmen Phosphor primär als gelöstes Phosphat aus der Bodenlösung auf, weshalb angenommen wird, dass in überschaubaren Zeiträumen (binnen einer Vegetationsperiode) nur vollständig wasserlösliches oder neutral-ammoniumcitrat-lösliches (letzteres entspricht chemisch der Extraktionskraft der natürlichen Chemosphäre der Pflanzen) mineralisches oder vollständig mineralisierbares organisches P langfristig vollständig (zu 100%) genutzt werden kann. Diese Formvorgabe kann deshalb zur Voraussetzung für eine Düngung nach Entzug in der Gehaltsklasse C gemacht werden. Schwerlösliche P-Formen stellen keine langsamer wirkende Reserve dar. Unter gegebenen Standortbedingungen nahezu unlösliches P kann von Pflanzen auch langfristig allenfalls in sehr geringem Maße genutzt werden.

Strategien

Aus diesen Sachverhalten folgt schlüssig, dass nach Erreichen der P-Gehaltsklasse „C“ im Boden eine P-Düngung in Höhe der mit den Ernten entzogenen P-Mengen mit rein organisch gebundenem oder sog. pflanzenverfügbarem mineralischen P als ausreichend anzusehen sind.

Derzeit bezieht sich die Definition der Gehaltsklasse C nur auf die im Oberboden (0-30cm) als ‚pflanzenverfügbar‘ extrahierbaren P-Gehalte und nur auf

mineralische P-Fractionen. In der Berücksichtigung ergänzender Faktoren erschließt sich daher Potential zur Steigerung der Ressourceneffizienz von P in der Düngung, denn zwischen 25 und 70 % des Gesamt-P können sich im Unterboden, d.h. unterhalb der bearbeiteten Bodenschicht von 25-30 cm Bodentiefe befinden (Kautz et al. 2013). Dieses Phosphat wird durch die derzeitige Methodik der Bodenuntersuchung nicht erfasst. Wurzeln von Futterpflanzen mit Pfahlwurzelsystemen oder Zwischenfrüchten können Phosphat im Unterboden durch Schaffung von Bioporen und gefördert durch Regenwurmaktivität erschließen (Kautz et al. 2013). Die Nutzung der spezifischen Wurzelarchitektur und der aktiven Wurzeloberfläche sowie eine effiziente Mykorrhizierung sind Kernelemente effizienter Nährstoffakquisition auch aus der Festphase des Unterbodens (Kautz et al. 2013).

Recycling-Phosphate können eine große Bandbreite unerwünschter Stoffe enthalten. Deshalb müssen hier konsequenter als bisher die damit potenziell verbundenen Befruchtungen von Böden mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen berücksichtigt werden. Die Zulässigkeit von Stoffeinträgen mit Düngemitteln in Böden sind dabei im Düngegesetz vom 9. Januar 2009 (BGBl. I S. 54, 136) geregelt, zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15. März 2012 (BGBl. I S. 481).

Neben der Ernährung der Nutzpflanzen ist demnach die Fruchtbarkeit der Böden zu erhalten und zu erhöhen; Gefahren für die Gesundheit von Menschen und Tieren sowie für den Naturhaushalt ist vorzubeugen. Um Schadstoffeinträge mit Siedlungs- und Industrieabfällen zu minimieren, haben sich thermische Verfahren zur Aufbereitung von Recycling-P als geeignet erwiesen (Umweltbundesamt, 2003). Organische Schadstoffe (inkl. Arzneimittelrückstände) werden wirkungsvoll nur durch vollständige Verbrennung beseitigt, die meisten Schwermetalle jedoch nicht. Die geringe Löslichkeit von P-Recyclingprodukten ist im Hinblick auf eine Nutzung durch Pflanzen jedoch kontraproduktiv (Kratz et al. 2010; Krüger und Adam 2014). Ohne Weiterbehandlung sind diese P-Quellen in Verbrennungaschen daher für den Düngereinsatz ungeeignet und sollten vorzugsweise nach weiterer Aufarbeitung (u.a. thermische P-Gewinnung) der Erzeugung hochreiner P-Formen für hochwertigere Produkte dienen.

Anorganische Schadstoffe in Rohphosphaten und Recyclingprodukten können durch nasschemische und thermische Aufbereitungsprozesse abgetrennt werden (Schnug et al. 2015). Diese für Böden kritischen Schadstoffe haben z.T. einen potentiellen Wert als Rohstoffe (Lanthanide) oder Energiequellen (Actinide), wodurch die Wirtschaftlichkeit der Abtrennung positiv beeinflusst wird.

Nachhaltige Bodennutzung im Kontext mit Phosphat heißt

1. langfristig vollständig ausnutzbare P-Gehalte im Boden aufzubauen;
2. dabei alle räumlich von Pflanzenwurzeln erreichbaren Ressourcen des Bodens zu berücksichtigen, die langfristig durch eine Düngung allein in Höhe der von den Ernten entzogenen P-Mengen bedient werden können;
3. P- effiziente Kulturarten und Sorten sowie deren effiziente Mykorrhizierung zu nutzen.

Empfehlungen der KBU

- ▶ Innerhalb der Landwirtschaft ist Phosphor aus Wirtschaftsdüngern möglichst vollständig in der Düngung einzusetzen. Dieses Recycling gelingt – wo produktionstechnisch möglich -am effizientesten in Gemischtbetrieben oder durch Kopplung von Feldwirtschaft und Tierhaltung in regional überbetrieblicher Zusammenarbeit.
- ▶ Bei der Definition der Gehaltsklasse C für Phosphat müssen auch die Vorräte im Unterboden und insbesondere organisch gebundenes P berücksichtigt werden. Diese sind durch pflanzenbauliche Strategien mit optimierter Ausnutzung der Wurzelsysteme zu erschließen.
- ▶ In der Gehaltsklasse C für verfügbares Phosphat im Boden ist die P-Düngung auf den Entzug der Ernten abzustellen.
- ▶ Auf Böden mit P-Gehalten oberhalb der Gehaltsklasse C ist jede weitere P-Düngung zu unterlassen.
- ▶ Bei der Kennzeichnung von Düngemitteln ist neben dem Gesamt-P-Gehalt zwingend der Gehalt an pflanzenverfügbarem P (wasser- / neutral-ammoniumcitrat-lösliches P) anzugeben.
- ▶ Mineralische P-Düngung mit (insgesamt und mindestens neutral-ammoniumcitrat-) löslichem P ist in die Regeln der ‚Guten Fachlichen Düngepraxis‘ aufzunehmen.
- ▶ Keine Reststoffe mit organischen Schadstoffen, einschließlich Arzneimittelrückständen sowie Infektiosität zur Herstellung von Düngemitteln zulassen.
- ▶ Die Ergebnisse systematischer Bodenuntersuchungen von Untersuchungs- und Forschungsanstalten sind der Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Literatur

Kautz, T., Amelung, W., Ewert, F., Gaiser, T., Horn, R., Jahn, R., Javaux, M., Kemna, A., Kuzyakov, Y., Munch, J.-C., Pätzold, S., Peth, S., Scherer, H.W., Schloter, M., Schneider, H., Vanderborght, J., Vetterlein, D., Walter, A., Wiesenberg, G.L.B. and Köpke, U. (2013): Nutrient acquisition from arable subsoils in temperate climates: a review. *Soil Biology and Biochemistry* 57: 1003-1022.

Kratz, S., Schick, J., Shwiekh, R. and Schnug, E. (2014) Abschätzung des Potentials erneuerbarer P-haltiger Rohstoffe in Deutschland zur Substitution rophosphathaltiger Düngemittel. *Journal für Kulturpflanzen*, 66, 261–275

Kratz, S., Haneklaus, S. and Schnug, E. (2010) Chemical solubility and agricultural performance of P-containing recycling fertilizers. *VTI Agriculture and forestry research*. 60, 227-240.

Krüger, O. und Adam, C. (2014): Monitoring von Klärschlamm-Monoverbrennungsaschen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung zur Ermittlung ihrer Rohstoffrückgewinnungspotentiale und zur Erstellung von Referenzmaterial für die Überwachungsanalytik (UBA-Texte 49/2014) (http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_49_2015_monitoring_von_klaerschlammverbrennungsaschen.pdf)

Roemer, W. (2014): Die Versorgung der deutschen Ackerböden mit Phosphat und die Herausforderungen der Zukunft. *Bodenschutz* 4, 125-130



Schnug, E., de Kok, L. and Frossard, E. (2015): Phosphorus: 100% zero. Springer (in press).

Ulrich, A. E. (2013) Peak phosphorus: Opportunity in the making. Exploring global phosphorus management and stewardship for a sustainable future. Diss. ETH Nr. 21599.

Umweltbundesamt + Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen (2003): „Rückgewinnung von Phosphor in der Landwirtschaft aus Abwasser und Abfall“; Tagungsband zum Symposium, ISBN 3-932590-99-6



► **Diese Broschüre als Download**
www.uba.de

 www.facebook.com/umweltbundesamt.de
 www.twitter.com/umweltbundesamt