



Nachhaltiger Umgang mit der begrenzten Ressource Phosphor durch Recycling und Erhöhung der Phosphoreffizienz der Düngung

(verabschiedet am 22.02.2011)

1. Veranlassung

Eckpunkt der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung ist die nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen, die zu einer besseren Ressourceneffizienz und zu einer Verringerung der negativen ökologischen Folgen der Ressourcennutzung führt, damit wirtschaftliches Wachstum und Verbesserung der sozialen Bedingungen zukünftig nicht mit Beeinträchtigungen der Umwelt einhergehen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Deutschland und Europa untrennbar mit dem Rest der Welt verbunden sind. Eine weltweit nachhaltige Entwicklung ist nur zu erreichen, wenn auch die Armen in der Welt ihre Chancen, an den Vorteilen einer wirtschaftlichen Entwicklung teilzunehmen, wahrnehmen können.

- **Phosphor ist eine begrenzte Ressource**

Die gegenwärtigen Schätzungen gehen davon aus, dass bei Beibehaltung der weltweiten Steigerungsraten des P-Verbrauches, die erforderlich sind zur Deckung der wachsenden Ansprüche einer erhöhten Produktion an Nahrungs- und Rohstoff-Energiepflanzen, die unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen als ökonomisch abbauwürdig betrachteten P-Reserven noch ca. 100 Jahre ausreichen. Die bekannten als abbauwürdig angesehenen P-Ressourcen sind zwar etwa um den Faktor 3 höher, es ist aber bereits in den kommenden Generationen mit steigenden Erschließungs- und Abbaukosten, zunehmenden Belastungen durch Schwermetalle und zunehmender Verengung des Verhältnisses von Angebot und Nachfrage zu rechnen. Wie sich dies auf den Preis für P-Düngemittel auswirken wird, kann aus den Erfahrungen in den Jahren 2007-2009 geschlossen werden, einem Zeitraum, in dem der Preis für P-Dünger sich um den Faktor 3 erhöhte. Es ist daher unbestritten, dass diese Ausgangslage einen sparsamen Umgang mit der begrenzten Ressource P erfordert. Hier hat die Landwirtschaft in den Industriestaaten eine besondere Verantwortung. Da es in diesen Ländern auf Grund der kostengünstigen Verfügbarkeit von P in der Vergangenheit zu großen Anreicherungen von P in Böden gekommen ist, ist hier eine Verminderung des Aufwandes an P-Düngern häufig ohne Einbußen an Produktivität möglich. In Entwicklungs- und Schwellenländern besteht hingegen ein besonders hoher P-Düngungsbedarf nicht nur für die dringend erforderliche Produktivitätssteigerung der pflanzlichen Produktion, sondern auch für die Rekapitalisierung des Boden-P auf Grund einer Jahrzehnte langen Nährstoffverarmung der Böden. Diesem erhöhten P-Bedarf steht aber eine geringe Kaufkraft der Landwirte gegenüber.

- **Phosphor-Austräge aus landwirtschaftlich genutzten Böden belasten Gewässer**

Der Beitrag der Landwirtschaft zu Einträgen von P in Gewässer ist nach wie vor groß. Als besonders problematisch ist in diesem Zusammenhang die regionale Häufung von tierhaltenden Betrieben und Biogasanlagen zu beurteilen. Der hohe Anfall an wirtschaftseigenen Düngern und daraus häufig resultierende hohe positive P-Salden (P-Zufuhr minus P-Abfuhr) und damit potenzielle P-Austräge müssen in diesem Zusammenhang kritisch betrachtet werden. Der Hauptpfad für P-Austräge ist die Erosion, daher ist Erosionsschutz die wirksamste Minderungsmaßnahme. Aber auch eine Begrenzung der P-Anreicherung von Böden nicht über die notwendigen verfügbaren P-Gehalte (Gehaltsklasse C) hinaus ist eine sinnvolle Maßnahme, insbesondere zur Verminderung des P-Eintrags in Gewässer über Erosion, „preferential flow“ und Dränwässer.

2. Effektivere Nutzung von Phosphor aus Siedlungsabfällen, Abfällen der Nahrungsmittelindustrie und Wirtschaftsdüngern

Die effektivste Maßnahme, den Bedarf an P-Düngern aus fossilen Vorkommen zu reduzieren ist eine bessere Nutzung des P aus Siedlungsabfällen, Abfällen der Nahrungsmittelindustrie, Wirtschaftsdüngern sowie organischen und mineralischen Reststoffen aus Gewerbe und Industrie.

Das in Siedlungsabfällen, Abfällen der Nahrungsmittelindustrie und Wirtschaftsdüngern enthaltene P entspricht etwa 80 % des in Deutschland für die pflanzliche Primärproduktion benötigten P. Die Nutzung dieses Potenzials durch Rückführung des P in den P-Kreislauf ist daher ein Gebot der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft. Siedlungsabfälle und hier insbesondere Klärschlämme enthalten jedoch eine Reihe unerwünschter Stoffe, die vor der Wiederverwendung vom P zu trennen sind. Zukunftsweisend sind hier thermische und fällungschemische Aufbereitungsverfahren, die nicht nur anorganische und organische Schadstoffe und Krankheitserreger eliminieren oder abtrennen, sondern auch die Gehalte an toxischen Schwermetallen im P-Dünger beträchtlich senken können. Diese Verfahren würden auch gewährleisten, dass P aus landwirtschaftlich nicht direkt verwertbaren organischen Rest- und Abfallstoffen zur Düngung genutzt werden kann. Neben der Entfernung von Schadstoffen haben geeignete Aufbereitungsverfahren jedoch zwingend auch die Überführung des P in pflanzenverfügbare Formen zu gewährleisten. Der Wissenschaftliche Beirat hält die Forcierung der Entwicklung entsprechender Technologien für absolut vordringlich.

Betriebe mit intensiver Tierproduktion weisen oft hohe positive P-Salden auf. In Wirtschaftsdüngern enthaltenes P ist mittelfristig vollständig pflanzenverfügbar und ist daher ohne Abzüge bei der Berechnung des P-Bedarfs der Pflanzenproduktion anzusetzen.

3. Ermittlung des Phosphor-Düngebedarfes

Die bedarfsgerechte P-Düngung, eine Voraussetzung für die Erzielung optimaler Erträge ohne unnötige Anreicherung der Böden und Belastung der Hydrosphäre mit P, erfordert eine möglichst präzise Ermittlung des P-Düngebedarfes. Die wesentliche Rolle der P-Bodenuntersuchung zur Bestimmung des P-Düngebedarfes und zur Steuerung des schlag- und betriebsspezifischen P-Saldos ist unbestritten. Die wissenschaftliche Begründung und Vorgehensweise ist im VDLUFA-Standpunkt "Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf" von 1997 erläutert. Wichtiges Ziel der guten fachlichen Düngepraxis ist demnach sowohl die Erhaltung als auch das Erreichen einer optimalen P-Versorgung der Böden (gemessen an dem Gehalt an extrahierbarem, pflanzenverfügbarem Phosphat, Gehaltsklasse C). Dies ist darin begründet, dass zu einer Kultur frisch gedüngtes P nur zu 10-20 % im Anwendungsjahr aufgenommen werden kann, da P wegen seiner geringen Mobilität in Böden nur begrenzt den Wurzeln räumlich zugänglich ist. Der größte Teil des von der Kultur aufgenommenen P muss daher aus dem Pool des Boden-P aufgenommen werden, ansonsten ist die Erzielung optimaler Erträge nicht möglich. Für die Erhaltung der Gehaltsklasse C ist die P-Düngung an der P-Abfuhr zu bemessen ($P\text{-Zufuhr} = P\text{-Abfuhr}$), für das Erreichen der Gehaltsklasse C sind Zuschläge (P-Anreicherung von Böden der Gehaltsklassen A und B) oder Abschläge (P-Abreicherung von Böden der Gehaltsklassen D und E) vorgesehen. Die bedarfsgerechte P-Düngung zielt somit grundsätzlich auf eine optimale P-Versorgung der Böden (Gehaltsklasse C) ab. Die Zuordnung von Boden-P-Gehalten zu Gehaltsklassen ist bundesweit weitgehend einheitlich geregelt. Da die Bodenanalyse nur die chemische Pflanzenverfügbarkeit widerspiegeln kann, die Pflanzenverfügbarkeit von Phosphat aber auch von biologischen und physikalischen Bodeneigenschaften (räumliche Zugänglichkeit) beeinflusst wird, ist verständlich, dass auf Böden mit einer hohen P-Dynamik und guter räumlichen Zugänglichkeit niedrigere Boden-P-Gehalte ausreichend sind. Dies macht eine standortspezifische Festlegung der Richtwerte für die Gehaltsklasse C erforderlich.

4. Erhöhung der Ausnutzung des Dünger-Phosphors durch Anforderungen an die Löslichkeit

Mit Düngern zugeführtes P sollte durch Pflanzen mittelfristig möglichst vollständig genutzt werden können. Unter der Ausnutzung des Dünger-P versteht man den Quotienten, gebildet aus den mit Ernteprodukten vom Standort abgeführten und den durch Düngung zugeführten P-Mengen. Da die Ausnutzbarkeit des Dünger-P im Anwendungsjahr nur 10-20 % beträgt, geht das im Boden verbleibende Dünger-P und mit den Ernterückständen zurückgeführte P ein in den Pool des Boden-P. Für die Bestimmung der Ausnutzung des Dünger-P in den Folgejahren gibt es kein empirisches Verfahren. Eine intrinsische Bewertung der besonderen Eigenschaften der Dynamik von Dünger-P in Böden (unter normalen Standortgegebenheiten vernachlässigbar geringe Verluste durch Auswaschung und/oder Erosion) gibt jedoch Grund zu der Annahme, dass auf Böden, welche die P-Versorgungsstufe C erreicht haben, die mittelfristige Ausnutzung des Dünger-P zu 100 % angenommen werden kann. Wesentliche Grundvoraussetzung hierfür ist jedoch eine weitgehende Löslichkeit der verwendeten P-Formen unter den gegebenen Standortbedingungen im Anwendungsjahr. Dies ist der Fall, wenn sich der Dünger-P vollständig in Wasser oder Ammoncitrat lösen lässt. Schwerer lösliche P-Formen nehmen an der standorttypischen P-Dynamik nur begrenzt teil und gehen somit dem P-Kreislauf weitgehend verloren. Von Düngemitteln, die für ein nachhaltiges Wirtschaften geeignet sind, ist daher zu fordern, dass der Gehalt an wasser- und ammoncitratlöslichem P weitgehend dem Gesamtgehalt an P entspricht. Im Hinblick auf die schonende Bewirtschaftung der endlichen Ressource P sollten daher zukünftig Produkte aus nicht, oder nur teilweise aufgeschlossenen Rohphosphaten sowie aufbereiteten Siedlungsabfällen, Abfällen der Nahrungsmittelindustrie und Wirtschaftsdüngern nur zugelassen werden, wenn das darin enthaltene P in nahezu vollständig wasser- und ammoncitratlöslicher Form vorliegt oder ihre Anwendung an die Lösung begünstigende Bodeneigenschaften (z.B. niedrigen Boden pH für apatitische P-Dünger) und Bewirtschaftungsbedingungen (ökologischer Landbau) geknüpft wird.

5. Erhöhung der Ausnutzung des Dünger-Phosphors durch Düngungstechnik

Während, qua definitionem, in der Boden-P Gehaltsklasse C die Rückführung des mit den Ernteprodukten abgeführten P eine Voraussetzung für nachhaltige Düngung ist, stellt sich durchaus die Frage, ob nicht durch düngungstechnische Maßnahmen eine Absenkung der anzustrebenden P-Gehalte des Bodens in dieser Gehaltsklasse möglich

ist. Voraussetzung hierfür ist, dass das Konkurrenz-Gleichgewicht zwischen Boden (Festlegung von P) und Pflanze (Mobilisierung/Aufnahme von P) zu Gunsten der Pflanze verschoben werden kann. Geeignete Düngungsstrategien sind vor allen Dingen eine platzierte P-Düngung in Verbindung mit dem Angebot von Ammonium-N (insbesondere zu Reihenkulturen), wie sie im Maisanbau seit langem Praxis ist, und eine P-Düngung möglichst zeitnah zum Zeitpunkt des höchsten P-Bedarfes der Kultur („der Pflanze ins Maul düngen“). Der Erfolg einer Kopfdüngung ist allerdings abhängig von der durch die Bodenfeuchte bestimmten Durchwurzelung des Oberbodens nach der Düngung. Eine Vorratsdüngung mit P für mehr als eine Kultur ist unter dem Aspekt einer möglichst hohen Ausnutzung des Dünger-P kritisch zu sehen.

6. Erhöhung der Ausnutzung des Boden- und Dünger-Phosphors durch pflanzenbauliche Maßnahmen, Management der Rhizosphäre und P-effiziente Sorten

Eine weitere Möglichkeit für die Absenkung der erforderlichen Boden-P-Gehalte in der Gehaltklasse C besteht darin, das Gleichgewicht zwischen schwer und leicht pflanzenverfügbaren P-Formen im Boden zu Gunsten leicht pflanzenverfügbarer P-Formen und das Konkurrenz-Gleichgewicht zwischen Boden und Pflanze zu Gunsten der Pflanze durch geeignete pflanzenbauliche Maßnahmen zu verschieben. Ziel dieser Maßnahmen (z.B. der Fruchtfolge und der organischen Düngung) ist es, die bodenbiologischen und bodenphysikalischen Eigenschaften zu optimieren. Denn das Aneignungsvermögen der Pflanzen für Boden- und Dünger-P ist in erster Linie von der Durchwurzelbarkeit des Bodens, den durch Mikroorganismen bestimmten Umsetzungsvorgängen des Boden-P und den P-Lösungsvorgängen im Kontaktbereich Wurzel-Boden (Rhizosphäre) abhängig. Für Letztere spielen zum Beispiel P-mobilisierende Bakterien und Mykorrhiza-Pilze eine herausragende Rolle. Ein besonderes Augenmerk bei der Gestaltung der guten fachlichen Praxis sollte in Zukunft auf die möglichst hohe pflanzliche Nutzung von P aus organischer Düngung gelegt werden.

Pflanzenarten und -sorten unterscheiden sich in ihrer Aufnahme- bzw. Verwertungseffizienz von Boden- und Dünger-P. Für die P-Aufnahmeeffizienz wichtige Pflanzeigenschaften sind ein intensives Wurzelwachstum, lange Wurzelhaare und die Fähigkeit, durch Wurzelausscheidungen die P-Verfügbarkeit in der Rhizosphäre direkt oder über die Beeinflussung der Mikroorganismenaktivität zu erhöhen. Damit vermindern sich die Ansprüche an die P-Verfügbarkeit im Boden und ermöglichen eine Absenkung der Richtwerte für die Gehalts-

klasse C.

Arten und Sorten mit einer hohen Verwertungseffizienz zeichnen sich durch einen geringeren P-Bedarf für Wachstum und Ertragsbildung aus. Sie weisen somit einen geringeren P-Entzug auf und ermöglichen damit, den P-Düngungsbedarf für die Erhaltung der Gehaltsklasse C zu verringern.

Die Bereitstellung P-effizienter Sorten wird in Zukunft voraussichtlich dazu beitragen, dass eine Absenkung der erforderlichen Boden-P Gehalte, und damit der Richtwerte für die Gehaltsklasse C, und der Aufwandmengen von P-Düngern ohne Ertragsverluste ermöglicht wird. In der gegenwärtigen Situation sind die Mechanismen der pflanzlichen P-Effizienz zwar bekannt, für den Landwirt aber auch bei guter Beratung noch nicht gezielt nutzbar. Deswegen kann die Düngepraxis Unterschiede in der P-Aufnahmekapazität verschiedener Kulturen oder Anbausysteme noch nicht angemessen berücksichtigen, sondern muss weiterhin mit einem „Sicherheitszuschlag“ in der P-Düngung arbeiten. Alle Flächen werden also so gedüngt, dass bei der Düngung nach Gehaltsklassen auch wenig P-effiziente Arten ausreichend mit P versorgt werden. Demzufolge wird nicht in allen Fällen durch eine P-Düngung tatsächlich eine Ertragserhöhung erzielt, selbst wenn ein Boden beispielsweise in die Gehaltsklasse B eingestuft wurde. Diese schon bisher üblichen Sicherheitszuschläge sollten beibehalten werden und die Gehaltsklasse C weiterhin als Zielgröße für alle Böden akzeptiert werden. Anbauer, die im Rahmen der guten fachlichen Praxis oder besonderer Anbausysteme, z.B. im ökologischen Landbau, eine höhere P-Effizienz erzielen und nicht in erster Linie ertragsorientiert sind, können auch bei einer niedrigeren Boden-P Gehaltsstufe wirtschaften. Allerdings ist auch in diesen Fällen aus Gründen der Nachhaltigkeit auf eine langfristig ausgeglichene P-Bilanz zu achten.

7. Erhöhung der Phosphor-Effizienz in der Tierhaltung

Eine besondere Herausforderung für die Erzielung nachhaltiger P-Haushalte stellen Regionen mit intensiver Tierhaltung dar. Hier kommt es durch Futtermittelimporte und dem damit verbunden hohen Wirtschaftsdüngeranfall häufig zu erheblichen P-Anreicherungen im Boden, die ein Umweltproblem und ein Verteilungsproblem der knappen Ressource P darstellen. Diese Situation wird seit einigen Jahren noch verschärft durch die häufige Konzentration von Biogasanlagen in diesen Regionen. Ansatzpunkte für die Lösung des Problems sind die bedarfsgerechte Zufuhr von P mit den Futtermitteln (Futteranalysen durchführen, sparsamer Umgang mit P-Ergänzungsfuttermitteln) und die Erhöhung der Verwertung von P in den Futtermitteln. Da einer hohen P-Verwertung häufig die hohen Gehalte an organischem P in

den Futtermitteln, insbesondere des schwer verdaulichen Phytats, entgegenstehen, hat sich bei Nichtwiederkäuern der Zusatz des Enzyms Phytase etabliert. Dadurch kann die P-Ausscheidung der Tiere erheblich vermindert werden. Zukünftig könnte hier auch die Bereitstellung von pflanzlichen Futtermitteln mit auf züchterischem Wege reduzierten Phytat-P-Gehalten oder erhöhten endogenen Phytasegehalten eine Rolle spielen. In der Tierzucht wird über die Expression des Enzyms Phytase im Speichel der Tiere gearbeitet. Ungeachtet dieser Ansätze wird in Regionen mit intensiver Tierhaltung immer das Problem von P-Bilanzüberschüssen bestehen. Deshalb sind zusätzlich zu den oben genannten Maßnahmen zur Erhöhung der P-Verwertung in der Tierproduktion weitere Maßnahmen zur Verbesserung der P-Verteilung erforderlich. Dies wird nur durch den Export von Wirtschaftsdünger-P von Regionen mit intensiver Tierhaltung in Regionen mit geringem Wirtschaftsdüngeranfall möglich sein. Entsprechende technische und logistische Lösungen müssen dazu weiterentwickelt werden.

8. Vorschläge für zukünftige Regelungen des Düngerechtes

- Die Einrichtung/Erweiterung von Tierhaltungsbetrieben und Biogasanlagen muss abhängig gemacht werden von einem Konzept zur Verwertung der anfallenden Nährstoffmengen (neben N auch insbesondere P) auf landwirtschaftlichen Nutzflächen im Sinne einer in der Düngeverordnung geregelten ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung.
- Die derzeit gültige Düngeverordnung weist Änderungsbedarf auf. So sollte unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit verankert werden, dass bei Böden in den Gehaltsklassen A und B eine Anhebung des pflanzenverfügbaren P-Gehaltes in Böden in die Gehaltsklasse C anzustreben ist. Wie bereits früher empfohlen, ist nur in den Gehaltsklassen C eine positive Bilanz (Betrieb) von bis zu 8 kg P/ha zu vertreten, da ungünstige Wirkungen auf die Umwelt nicht zu erwarten sind. In Klasse D sollte eine Düngung unterhalb des Entzugs angestrebt werden, eine Düngung über den Entzug hinaus nicht zulässig sein. In der Klasse E ist eine Abreicherung des Boden-P durch eine negative Bilanz unerlässlich.
- In der Düngemittelverordnung ist eine Kennzeichnung von P-Düngern in Gesamt-P, reaktives-P (ammoncitratlöslich), wasserlösliches P vorzuschreiben. Die Zulassung von P-Düngern mit geringen Gehalten an reaktivem P sollte verwehrt werden oder an bestimmte Bodencharakteristika (z.B. Boden pH) bzw. Bewirtschaftungsformen (ökologischer Landbau) gebunden werden. Darüber hinaus sollten die zulässigen Toleranzen für die Kennzeichnung von P-Gehalten in organischen Düngern reduziert werden.