



Abbildung 1: Rückführung biologisch gebundenen Phosphors

Für schnelle Leser

- ▶ Der Ökologische Landbau braucht ein Konzept für die Phosphordüngung.
- ▶ Phosphor muss für die Düngung recycelt und die verfügbaren Produkte entgiftet werden.
- ▶ Phosphor muss wirksam biologisch aus Böden mobilisiert werden.

# Phosphordünger – ein begrenzter Rohstoff

## Management einer endlichen Ressource

Phosphor ist ein essentielles Nährelement, doch die weltweiten Phosphor-Reserven in den Lagerstätten sind endlich. Szenarien für die Europäische Union wollen das derzeitige Düngenniveau konstant halten, aber den Verbrauch fossiler Reserven auf ca. 10 Prozent des derzeitigen Verbrauchs senken. Hierfür muss auf eine verstärkte und gezieltere Rückführung von Phosphor aus Wirtschaftsdüngern, organischen Abfällen und menschlichen Fäkalien gesetzt werden.

**Mehrfach und effizienter nutzen**

In Deutschland könnten die in Klärschlamm, Fleischknochenmehlen, Komposten und Wirtschaftsdüngern enthaltenen Phosphormengen den Bedarf für die Düngung decken. Diese Recyclingprodukte werfen allerdings Fragen bezüglich der Schadstoffbelastung, Seuchenhygiene und der Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors auf (Tab. 1). Zudem sind die Verfahren der Nährstoffrückgewinnung noch relativ teuer. Auch die derzeit günstigen Preise von Phosphordüngern aus fossilen Lagerstätten behindern ein Recycling. Zur konsequenten Rückgewinnung, Entgiftung und Rückführung des Phosphors in die Landwirtschaft sind noch viele Forschungsfragen zu klären.

Neben dem Recycling muss die Phosphor-Effizienz verbessert werden. Eine Effizienzverbesserung sollte durch veränderte Ernährungsgewohnheiten wie weniger Fleischkonsum, verringerte Verluste in der Nahrungskette und insbesondere durch Maßnahmen in der landwirtschaftlichen Produktion geleistet werden. Für die wirksame Ausnutzung des ge-

düngten Phosphors in der Landwirtschaft müssen Verluste sowie die unnötige Anreicherung von Phosphor in Böden vermieden werden. Hierfür braucht es eine angepasste Düngung, die sich nach dem Entzug durch die Pflanze richtet. Der Phosphor muss dabei innerhalb eines Jahres auch pflanzenverfügbar sein bzw. aus Bodenvorräten nachgeliefert werden. Schwerlösliche Calciumphosphate und Phosphor in Aluminium- und Eisenverbindungen legen Phosphor in Böden für längere Zeit fest.

**Wie kommt die Pflanze an den Phosphor?**

Ziel des Ökologischen Landbaus sind regionale Nährstoffkreisläufe. Die Nährstoffe kommen derzeit überwiegend aus der Rückführung organischen Materials, vor allem aus der Tierhaltung (Abb. 1). Auf den Einsatz aufbereiteter, mineralischer Phosphor-Düngemittel wird verzichtet. Damit stehen vorrangig nur Rohphosphate für die Düngung zur Verfügung. Rohphosphate, aber auch Knochenmehl und Tiermehl-Aschen sind jedoch schwer löslich. Im Boden fixier-



Abbildung 2: Mulchen von Zwischenfrüchten

ter Phosphor muss durch biologisch-chemische Vorgänge (Wurzelausscheidungen, Umsatz durch Mikroorganismen) aus dem Boden mobilisiert werden. Phosphor verlagert sich im Boden nur in geringem Maße und liegt überwiegend in der obersten Bodenschicht vor, in der auch organisches Material angereichert ist. Vor allem durch Wurzelwachstum gelangt organisch gebundener Phosphor in tiefere Schichten. Durch die geringe Mobilität des Phosphors im Boden kommt der Durchwurzelung eine maßgebliche Bedeutung für dessen Erreichbarkeit zu. Vor allem in der Jugendentwicklung von Pflanzen, bei heranwachsendem Wurzelsystem, kommt es häufig zu Versorgungsengpässen.

Um an die Reserven zu gelangen, bilden einige Pflanzen ein besonders dichtes oberflächennahes Wurzelnetz aus. Andere sind fähig, bei Phosphor-Mangel in großer Zahl spezielle Seitenwurzeln zur Oberflächenvergrößerung auszubilden. Bei den meisten Pflanzen können symbiotische Mykorrhiza-Pilze die

meter vereinen, um zu einer hohen gesamten Nutzungseffizienz zu gelangen.

Insgesamt geht es also darum, möglichst viel Phosphor vor der langfristigen Festlegung im Boden zu schützen. Eine ständige und intensive Durchwurzelung von Böden ist hierfür generell förderlich.

Grünland bietet zusätzliche Besonderheiten bei der Phosphormobilisierung, insbesondere für den Ökologischen Landbau. Durch die gute Durchwurzelung und oft niedrige pH-Werte kann Grünland schwerlösliche Phosphordünger gut mobilisieren. Außerdem enthalten Grünlandböden durch die Beweidung und Düngung oft höhere Phosphorreserven als Ackerflächen. Durch häufigere Mahd könnten diese Reserven über den Stall oder die Biogasanlage in den Ackerbau umverteilt werden. Für den Weidegang könnten dann als Ersatz auch Klee grasflächen des Ackerbaus genutzt werden – ein Systemwechsel für die biologische Aktivierung.

Tabelle 1: Probleme und Lösungen bei der Phosphor-Rückführung aus der Nahrungskette

Material	Problem	Lösung
Knochenmehl, Fleischknochenmehl	mangelnde P-Verfügbarkeit	ggf. chemischer P-Aufschluss
Speiseabfälle	separate Erfassung	zunehmend für Vergärung einsetzen
Klärschlamm	Schwermetalle, organische Schadstoffe	derzeit keine Lösung
Urin	Belastung mit Pharmazeutika, Mikroorganismen	derzeit keine Lösung
Klärschlammaschen	mangelnde P-Verfügbarkeit, Schwermetalle	chemischer P-Aufschluss, Entgiftung bei Verbrennung
Phosphatfällung aus Abwässern	mangelnde P-Verfügbarkeit, Schwermetalle, organische Schadstoffe	P-Fällung mit Magnesium (Struvit) statt Eisen; Schadstoffabtrennung derzeit keine Lösung

Wurzeln besiedeln. Diese Pilze erschließen weiteres Bodenvolumen und für Wurzeln unzugängliche Bodenbereiche sowie das darin enthaltene Phosphor. In welchem Maße Mykorrhiza fehlendes, direkt verfügbares Phosphat bei einem in der Landwirtschaft angestrebten hohen Pflanzenwachstum kompensieren kann, ist unklar. Auch die Nettobilanz des Phosphorumsatzes der Mikroorganismen im Wurzelraum ist unklar. Wegen der vielen Wechselwirkungen ist eine gezielte Nutzung biologischer Prozesse für die Phosphor-Mobilisierung bisher nicht für die Praxis entwickelt. Hier besteht Forschungsbedarf.

Grundsätzlich kann die Effizienz der Phosphoraufnahme von Pflanzen durch eine große Wurzelmasse oder eine hohe Phosphoraufnahme pro Zentimeter Wurzellänge gefördert werden. Eine hohe interne Phosphorverwertung steigert die Phosphoreffizienz von Pflanzen weiter. Zuchtansätze sollten diese Para-

**Was ist zu tun?**

In Forschung und Praxis müssen Konzepte weiterentwickelt werden, den Phosphor aus Böden und in Düngemitteln durch Pflanzenbewuchs biologisch zu mobilisieren und auszunutzen.

In der Pflanzenzucht muss die Aufnahme- und Nutzungseffizienz von Phosphor ein wichtiges Zuchtziel werden.

Direkt nutzbare phosphorhaltige Materialien aus der Lebensmittelkette müssen identifiziert und für die Düngung recycelt werden.

Für die meisten der Stoffe müssen Verfahren zur konsequenten Entgiftung und zur Bereitstellung pflanzenverfügbarer Phosphorverbindungen erforscht werden.

▶▶ Hans Marten Paulsen, Thünen-Institut [hans.paulsen@ti.bund.de](mailto:hans.paulsen@ti.bund.de)