

ROHSTOFF PHOSPHOR

# Recyceln statt verschwenden

Andreas Lorenz-Meyer

**Von der Rohstoffverknappung sind nicht nur Edelmetalle und seltene Erden betroffen, auch ein so elementarer Stoff wie Phosphor ist nicht uneingeschränkt verfügbar. Erforscht wird derzeit, wie er sich aus Klärschlamm und Fäkalien wiedergewinnen lässt.**

Das Nichtmetall Phosphor, chemisch mit einem P abgekürzt, gehört nicht nur zu den Grundbausteinen allen Lebens, sondern neben Stickstoff auch zu den wichtigsten Düngemitteln. Die globale Landwirtschaft ist auf diese Substanz angewiesen, weil Pflanzen ohne sie nicht wachsen. Hinzu kommt, dass sie sich durch nichts ersetzen lässt. In großem Maßstab stellt man Phosphordünger aus dem mineralischen Rohstoff Phosphat her. Wiederholt wiesen Forscher auf die Knappheit der Ressource hin. Sie prognostizierten den Peak Phosphor, den Gipfel der Produktion, für das Jahr 2034. Droht uns also bald die Phosphor-Knappheit?

Ganz so schlimm scheint es, was die Gesamtvorkommen betrifft, aber doch nicht zu sein. Für die Möglichkeit, dass diese sich erschöpfen könn-

ten, sieht die deutsche Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) jedenfalls keine Anhaltspunkte. 2012 lagen die Reserven der Erde bei schätzungsweise 67 Milliarden Tonnen, die Jahresförderung betrug 54 Millionen. Zu Alarmrufen besteht deshalb, laut BGT, kein Grund. Noch 320 Jahre lang könnten die derzeit wirtschaftlich abbaubaren Phosphatvorkommen den Bedarf der Landwirtschaft decken. Freilich könne sich diese Zeitspanne noch verändern.

## Dünger für alle!

Phosphor ist also, global gesehen, noch nicht knapp. Das Problem der Sache liegt vielmehr darin, dass die Vorkommen sehr ungleich verteilt sind. Inga Krämer vom Leibniz-WissenschaftsCampus Phosphorforschung Rostock: „Bei uns in Europa könnte es in Zukunft zu Engpässen kommen, da wir keine größeren Phosphatlagerstätten haben.“ Diese befinden sich ausnahmslos außerhalb Europas, nämlich in China, Marokko, Algerien, Jordanien, Syrien, USA, China und Südafrika. Zum Teil sind die Regionen, in denen Phosphat ab-

gebaut wird, sehr instabil – so zum Beispiel die von Marokko besetzte Westsahara. Es könnte also geopolitische Verteilungsprobleme geben. Zudem besteht die Gefahr, dass sich die Phosphorqualität verschlechtert, weil das Gestein stärker mit Schwermetallen, Cadmium oder Uran, belastet ist. Denn die Vorkommen höherer Qualität werden meist zuerst abgebaut.

Und schließlich könnte Phosphor ganz einfach teurer werden. 2007/08 gab es kurzzeitig enorme Preisanstiege von 200 Prozent. Krämer: „Durch solche Veränderungen auf dem Weltmarkt wird Phosphor für Länder ohne eigene Reserven weniger zugänglich. Daher sollten diese vorsorgen und sich um einen nachhaltigen Umgang mit der Ressource bemühen.“ In der Vergangenheit war das überhaupt nicht der Fall. Da verteilte man Phosphor sehr großzügig, was an den niedrigen Kosten für Phosphatdünger lag. Die Zeiten der Verschwendung sind aber vorbei. Auf europäischer Ebene wurde die European Sustainable Phosphorus Platform ESPP gegründet.

Europas Phosphor-Strategie ruht auf drei Säulen: Effizienz, Suffizienz, Recycling. Die Effizienz kann erhöht

– und damit der Verbrauch der Landwirtschaft gesenkt – werden, indem man Pflanzen und Tiere züchtet, die Phosphor effizienter aufnehmen. In Rostock untersuchen die Forscher unter anderem Kartoffelgenotypen auf ihre Nutzungseffizienz. Zudem testet man Mischfruchtanbausysteme. Unkräuter oder bestimmte Mischfrüchte können die Phosphor-Aufnahme der angebauten Frucht verbessern. Ein Beispiel: Die Anbauf Frucht Mais wird mit Leguminosen ergänzt.

## Win-win für Wasser und Erde

Phosphor soll grundsätzlich auch sparsamer eingesetzt werden. Suffizienz lautet hier das Stichwort, Präzisionsdüngung ist eine der hierzu angewandten Techniken. Die dritte Säule der europäischen Strategie ist das Recycling. „Phosphor löst sich ja nicht in Luft auf, sondern wird nur verteilt und zum Schluss wieder in den Ökosystemen, vor allem in Gewässern, abgelagert“, erklärt Krämer. Das hat zwei Nachteile. Erstens verursacht der Phosphor-Eintrag die Eutrophierung, also Überdüngung von Stand- und Fließgewässern – aber auch von Mee-



In-vitro-Haltung von verschiedenen Kartoffelgenotypen in einem Rostocker Labor: Die Glasröhrchen mit den einzelnen Pflanzen befinden sich in Gestellen in einem Lichtregal. Hier haben die Kartoffelpflänzchen bei 20 Grad Celsius und 16 Stunden Licht optimale Wachstumsbedingungen.

ren wie der Ostsee. Zweitens ist Phosphor, wenn er sich wieder im Ökosystem abgelagert hat, so fein verteilt, dass eine Rückgewinnung schwierig wird und starke Umweltauswirkungen zur Folge hat.

Also den Phosphor besser zurück in den Nutzungskreislauf führen. Recyceln lässt er sich aus Schlachtabfällen, Gärresten von Biogasanlagen oder Klärschlamm-Asche. Um diese geht es beim EU-Forschungsprojekt Reco Phos. Hier wurde ein thermisches Verfahren zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm-Asche erprobt. Institute aus Deutschland, der Schweiz, Frankreich und Österreich waren an dem Projekt beteiligt.

Was genau beim Reco-Phos-Verfahren passiert, erklärt Christoph Ponak vom Lehrstuhl für Thermoprozesstechnik der Montanuniversität Leoben in Österreich, dem koordinierenden Institut. Ein spezieller Reaktor, der mit einer Graphitschüttung gefüllt ist, wird induktiv beheizt. Induktiv bedeutet, dass das - elektrisch leitfähige - Graphit durch in ihm erzeugte Wirbelstromverluste erwärmt wird. Die Wärme entsteht

dabei im Graphit selbst, eine Wärmeleitung ist nicht erforderlich. An der Oberfläche des Graphits reagiert nun die geschmolzene Klärschlamm-Asche. „Dabei wird elementarer, also reiner, Phosphor als Gas freigesetzt“, so Ponak. Es folgt eine Nachverbrennung, und zum Schluss wird das gasförmige Phosphor in einem Wäscher zu flüssiger Phosphorsäure umgewandelt.

Mit diesem Verfahren ist es möglich, über 90 Prozent des Phosphors in der Klärschlamm-Asche zu recyceln. Je nach Herkunft der Asche enthält diese um die acht Massenprozent Phosphor. Dank Reco Phos kann man den Phosphor, eben weil er elementar ist, praktisch ohne Einschränkungen verwenden, unter anderem zur Düngemittelherstellung. Das Forschungsprojekt ist abgeschlossen, das Verfahren funktioniert.

### Urin, flüssiges Gold?

Es gibt mehrere Technologien zum Recycling von Phosphor. Bisher ist von diesen jedoch keine im Großmaßstab in Betrieb. Um dort hinzukommen, bedarf es großer Anstren-

gungen in Forschung, Wirtschaft und Politik, betont Krämer. Der Aufwand würde sich jedoch auszahlen. Phosphor-Recycling könnte die Phosphor-Importe weitgehend ersetzen. Der Recyclingprozess ließe sich auch noch vereinfachen, indem man Phosphor gleich aus dem menschlichen Urin gewinnt. Denn der kostbare Rohstoff im Klärschlamm stammt ja letztlich aus unseren Ausscheidungen, nur über den Umweg Abwasserbehandlung.

Der Vorteil dieses kürzeren Weges: Im Urin liegt Phosphor in viel höheren Konzentrationen vor als im Abwasser. Schweizer Forscher haben in Südafrika spezielle Trenntoiletten aufgestellt. Der Urin wird hier vom Kot separiert, gesammelt und zu Recyclinganlagen gefahren. Dort gewinnt man aus 1.000 Litern Urin etwa 30 Liter Flüssigdünger. Ist es vorstellbar, dass bei uns die öffentlichen Toiletten an Bahnhöfen und Flughäfen oder Bürottoiletten bald mit solchen Spezialapparaturen ausgestattet sind? Die technischen Voraussetzungen wären vorhanden. Nahezu jedes öffentliche Urinal im Herren-WC funktioniert mittlerweile wasserlos. Die Anlagen sind theoretisch geeignet für Recyc-

ling. Jedoch geht der dort anfallende Urin noch in die Kanalisation. Es fehlt also die Infrastruktur.

Krämer sieht ein großes Potenzial im menschlichen Urin. Zudem gibt es Möglichkeiten, die Kläranlagentechnik zu verbessern, und zwar besonders bei kleinen Anlagen, die mit einem Phosphor-Rückhaltesystem ausgerüstet werden müssten. Sich die Phosphorkreisläufe allein anzuschauen, reiche aber nicht. Phosphor sei schließlich Teil des ganzen Erdökosystems. Verschiedene Stoffkreisläufe - Phosphor, Stickstoff, Kohlenstoff - seien sehr eng aneinander gekoppelt. „Ein besseres Verständnis dieser Kopplungen wird uns viele neue strategische und technische Möglichkeiten für einen nachhaltigeren Umgang mit der Ressource Phosphor geben“, sagt Krämer voraus.