

Der weite Weg zur Nachhaltigkeit

Allein im Juli sind in Deutschland drei neue Pilotanlagen zur Phosphorrückgewinnung in Betrieb genommen worden. „Rohstoff“ ist dabei immer Klärschlamm, aus dem mit ganz unterschiedlichen Verfahren Phosphor zurückgewonnen wird.

Phosphor ist essenziell für alle Lebewesen. Nicht zuletzt heißt es daher im Koalitionsvertrag der aktuellen Bundesregierung: „Wir werden die Klärschlammabbringung zu Düngungszwecken beenden und Phosphor und andere Nährstoffe zurückgewinnen.“ Der Rohstoff wird aus natürlichen Vorkommen vor allem in Marokko, China und den USA gewonnen. Mit der wachsenden Bevölkerung und dem zunehmenden Nahrungsbedarf erhöht sich auch die benötigte Menge an Phosphor. Die EU-Kommission schätzt, dass der Phosphorbedarf bis zum Jahr 2050 um etwa 50 Prozent zunehmen wird. Das Gestein wurde von der EU 2014 in die Liste der 20 kritischen – weil mit einem Versorgungsrisiko verbundenen – Rohstoffe aufgenommen. Die Vorräte sind endlich: Experten schätzen, dass die abbaubaren Phosphatreserven noch 50 bis 200 Jahre reichen werden.

Vom gesamten geförderten Phosphat werden mehr als 90 Prozent als Dünger in der Landwirtschaft verwendet. Der verbleibende Rest wird zur Hälfte bei der Herstellung von Seifen und Detergenzien – vor allem für Maschinengeschirrspülmittel – sowie in Lebensmitteln und Getränken als Kochsalzersatz, Emulgator, Stabilisator und Säureregulator, in Flammschutzmitteln und in der Metallbehandlung als Korrosionsschutz eingesetzt.

Die Bundesregierung arbeitet seit längerem unter Federführung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) gemeinsam mit den Bundesländern an einer Phosphorstrategie, um Phosphor effizienter einzusetzen und die vorhandenen Sekun-

därphosphorquellen besser zu nutzen: Mithilfe effizienter und ökonomisch sinnvoller Technologien soll aus dem Abwasser, Klärschlamm und der Klärschlammmasche schadstoffarmer Phosphor zurückgewonnen werden. Auch im Deutschen Ressourceneffizienzprogramm II des BMUB zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen (Prog-Ress) ist für den Zeitraum von 2016 bis 2019 die Verbesserung des Phosphorrecyclings festgeschrieben. Zurzeit sind in Deutschland nahezu ausschließlich abwasserseitige Phosphor-Rückgewinnungsverfahren realisiert, was vor allem an verfahrensbedingten Vorteilen liegt. Verfahren, die auf einer Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammaschen basieren, haben den Vorteil, dass sich hier häufig höhere Rückgewin-

Phosphorbedarf wird bis 2050 um 50 Prozent zunehmen



nungsquoten erzielen lassen, verfahrenstechnisch aber komplex sind.

Grundlage der halbtechnischen Pilotanlage auf dem Gelände des Großklärwerks Nürnberg ist das sogenannte metallurgische Phosphorrecycling-Verfahren (Mephrec). Das Herzstück der Anlage ist ein sogenannter Kupolofen, der üblicherweise zur Herstellung von Gusseisen aus Schrott und Roheisen verwendet wird: In ihm wird der Klärschlamm bei Temperaturen von bis zu 2.000 °C eingeschmolzen. Die Technologie wird erstmalig in dieser Größenordnung und für die Verwertung von Klärschlamm erprobt. In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit 4,2 Millionen Euro geförderten Vorhaben arbeiten unter der Leitung der Klärschlammverwertung Nürnberg zwei Wirtschaftspartner sowie vier Forschungseinrichtungen zusammen. Die Pilotanlage ist Teil der BMBF-Fördermaßnahme „Zukunftsfähige Technologien und Konzepte für eine energieeffiziente und ressourcenschonende Wasserwirtschaft“ in dem BMBF-Rahmenprogramm „Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA)“.

Auf dem Gelände des Klärwerks Hamburg wurde eine Pilotanlage nach dem Remondis-Tetraphos-Verfahren in Betrieb genommen. Diese steht in unmittelbarer Nähe einer Klärschlammverbrennungsanlage, in der Klärschlamm aus der Stadt Hamburg und umliegenden Kläranlagen thermisch verwertet und so zur Stromerzeugung genutzt wird. Aus der verbleibenden Klärschlammmasche wird Phosphorsäure zur Herstellung von Futtermitteln und schwermetallfreien Düngemitteln gewonnen. Der dabei anfallende Gips findet in der Baustoffindustrie Verwendung; Eisen- und Aluminiumsalze



Foto: Bundesministerium für Bildung und Forschung

Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm- und Schlacke in Nürnberg

werden als Fällungsmittel in der Abwasserreinigung zur Phosphorelimination in Kläranlagen recycelt.

Ein ganz neuer Ansatz der Phosphorrückgewinnung wird mit Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) in einer AVA-Cleanphos-Pilotanlage im halbertechnischen Maßstab in Karlsruhe getestet: Über das Verfahren der hydrothermalen Carbonisierung (HTC) wird Klärschlamm zuerst in Kohle umgewandelt, ehe das Phosphat isoliert wird. Erwartet wird dabei eine höhere Wirtschaftlichkeit des Verfahrens gegenüber einem Säureaufschlussverfahren aus Klärschlamm-Asche aus Monoverbrennungsanlagen aufgrund des wesentlich geringeren Säureverbrauchs und der höheren Phosphorausbeute. Neben dem Dünger entsteht phosphorfreie HTC-Klärschlammkohle, die in Zukunft als Ersatz für Braun- oder Steinkohle in der Mitverbrennung eingesetzt werden könnte und so

**Derzeit
Rückgewinnung
fast ausschließlich
aus Abwasser**

zu Einsparungen von CO₂-Emissionen führt. Die Pflanzenverfügbarkeit des Recyclingdüngers wird durch Versuche an der Universität Hohenheim ermittelt.

Letztendlich muss ein Recyclingverfahren auch danach beurteilt werden, welche Eignung das Phosphorrezyklat als Düngemittel hat. Die meisten Versuche dazu wurden bislang nur in Gefäßversuchen durchgeführt.

Die Düngewirkung beziehungsweise Pflanzenverfügbarkeit der Recyclingprodukte wird im Vergleich zu Mineraldüngern bewertet. Bei den untersuchten Rezyklaten zeigen sich folgende Wirksamkeiten: Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP oder Struvit) verhält sich in seiner Wirkung ähnlich wie Super- beziehungsweise Tripelsuperphosphat und stellt damit einen wirksamen P-Dünger dar. Etwas weniger wirksam zeigen sich Mg-Phosphate, Ca-Silico-Phosphate, Ca-Phosphate und Kupolofenschlacke, die in ihrer Wirkung etwa im Bereich von Thomasphosphat liegen. Aufgrund mangelnder Wirksamkeit können Rezyklate mit Al-P- und Fe-P-Verbindungen ebenso wie nicht aufbereitete Aschen nicht empfohlen werden. Zu beachten ist, dass die Düngewirkung der Rezyklate vom pH-Wert und der Art des Bodens beeinflusst wird. Weitere Untersuchungen sind zwingend erforderlich, insbesondere Freilandversuche.

Im Rahmen des Begleitprojekts Phosphor wurde zur Einschätzung der

Zukunftsaussichten der verschiedenen Verfahren zur Phosphatrückgewinnung eine internationale Expertenbefragung durchgeführt. Die Mehrheit der Experten ist der Meinung, dass Phosphorrückgewinnung spätestens im Jahr 2030 in den Industrieländern Einzug halten wird und dass sie dann wirtschaftlich tragfähig sein wird. Um dieses Ziel zu erreichen, erscheint es den Experten notwendig, die Einführung von Verfahren der Phosphorrückgewinnung durch geeignete politische Maßnahmen zu unterstützen.

Klärschlammverbrennung wird sich in vielen Industrieländern etwa im gleichen Zeitraum wie die Phosphatrückgewinnung etablieren. Im Zuge dessen wird auch die Phosphatrückgewinnung aus Asche gegenüber Faulschlamm an Bedeutung zunehmen.

Eindeutig ist aber aus den Voten der Experten ersichtlich, dass die Qualität der aus den Verfahren hervorgehenden Produkte in jedem Fall wichtiger ist als wirtschaftliche oder verfahrenstechnische Aspekte. Bei der Produktion von Düngemittel ist ein möglichst sauberes Produkt mit optimaler Pflanzenverfügbarkeit das Ziel.

Sowohl auf nationaler wie internationaler Ebene gibt es Initiativen, die Vertreter aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft zusammenbringen, um die weitere Implementierung der Phosphorrückgewinnung voranzubringen. Denn für ein funktionierendes Nährstoffrecycling genügt es nicht, sich nur auf die Rückgewinnungsverfahren zu konzentrieren.

Susanne Hartwein, freie Journalistin

Verfahren zur Phosphorrückgewinnung

Derzeit kommen vor allem Verfahren zur Rückgewinnung aus Klärschlamm zum Einsatz.

Schlamm	Ohne Laugung	AirPrex®	NuReSys®	PHOSPAQ®	PhoStrip	
	Mit Laugung	Crystalactor®	Seaborne	Stuttgarter Verfahren	KREPRO	Budenheim
	Thermisch	EUPHORE	LysoPhos	Mephrec		
	Adsorption	FixPhos				
Zentrat	Adsorption	P-RoC				
	Kristallisation	PEARL®	Fraunhofer			
Asche	Unbehandelt	sePura				
	Mit Laugung	CleanMAP®	LeachPhos	PASCH	P-Bac	RecoPhos®
	Thermisch	ASH DEC				

Quelle: Deutsche Phosphor-Plattform e. V., modifiziert nach LEU 2015 (D. Frank)