



## Phosphorrecycling mittels Niedertemperaturkonvertierung und thermochemischer Nachbehandlung von Klärschlamm

### STECKBRIEF

Klärschlamm hat das größte Phosphor-Recyclingpotential aller anthropogenen Ressourcen. Er wird seit Jahrzehnten landwirtschaftlich verwertet, erfährt aber in den letzten Jahren durch Schadstoffe starken Rückgang. Daher wurden in diesem Projekt Verfahren entwickelt zur Herstellung von pflanzenverfügbaren und schadstoffarmen P-Düngemitteln, die auch im ökologischen Landbau angewandt werden können.

**Projektlaufzeit:** 01.12.2013-31.12.2016

### HINTERGRUND

Phosphor (P) ist für alle Lebewesen ein essentieller nicht zu substituierender Nährstoff, dessen Vorkommen allerdings begrenzt ist. Die stetig steigende Weltbevölkerung verlangt immer größer werdende Mengen an Nahrungsmitteln, die von der Landwirtschaft bereitgestellt werden müssen. Steigende landwirtschaftliche Erträge wiederum setzen ausreichende Mengen an Düngemitteln voraus, die für die Produktion dieser Nahrungsmittel benötigt werden. Die zum Abbau von P benötigten Lagerstätten sind allerdings auf wenige Staaten begrenzt (China, USA und Marokko); Deutschland muss folglich P importieren. Der Bedarf nach einem effizienten und nachhaltigem P-Nutzungsmanagement, in dem sekundäre P-Quellen genutzt werden, nimmt also stetig zu.

Phosphor kann in einigen Abfallströmen gefunden werden, wobei der Abwasserstrom und vor allem Klärschlamm (KS) das größte P-Recyclingpotential aufweist. Klärschlamm wird seit Jahrzehnten landwirtschaftlich verwertet, erfährt aber in den letzten Jahren einen starken Rückgang. Dies ist der zunehmenden Sorge um Schadstoffe organischer und anorganischer Art geschuldet, die durch das Aufbringen des KS auf landwirtschaftliche Flächen erheblichen, nicht abschätzbaren Schaden an der Umwelt und letztendlich am Menschen verursachen.

Das vorliegende Projekt hatte das Ziel mittels Niedertemperaturkonvertierung (NTK) und thermochemischer Behandlung einen pflanzenverfügbaren und schadstoffarmen P-Dünger aus KS zu

erstellen, der auch im ökologischen Landbau Verwendung finden kann. Weiterhin soll damit die Verfügbarkeit der knappen Ressource Phosphor im Inland gesteigert werden, um langfristig eine Unabhängigkeit von den begrenzten P-Lagerstätten zu erreichen.

### ERGEBNISSE

Um pflanzenverfügbare und schadstoffarme P-Dünger aus Klärschlamm herzustellen wurden die Niedertemperaturkonvertierung und thermo-chemischer Behandlung im Labormaßstab, im Hinblick auf die Steigerung der P-Pflanzen-verfügbarkeit und des Schadstoffreicherungsvermögens, optimiert. Dafür wurden ein chemisch und ein biologisch gefällter Klärschlamm als Ausgangsmaterial verwendet. Die Düngemittel-Produkte wurde im Anschluss in Gefäßversuchen untersucht. Dabei erzielten das Produkt der NTK bei 400°C vom biologisch gefälltem KS sowie der mit Natrium-Additiven behandelte chemisch gefällte KS (Behandlungs-temperatur 950°C) die höchsten Erträge bzw. P-Aufnahme von Mais. Die hohe Pflanzenverfügbarkeit der mit Natrium-Additiven behandelten Klärschlämme ist auf die Bildung von Calcium-Natrium-Phosphate zurückzuführen.

Detaillierte Informationen zu den Gefäßversuchen können hier nachgelesen werden: Steckenmesser et al., Waste Manage., 2017, DOI: 10.1016/j.wasman.2017.02.019.

Die Schwermetallgrenzwerte der Düngemittelverordnung konnte bei allen Produkten eingehalten werden. Durch die NTK konnte Quecksilber und zum Teil Blei abgereichert werden. Mittels thermochemischer Behandlung mit Natrium-Additiven zudem auch noch Cadmium. Eine (Vor-)Behandlung mit Chlor-Donatoren verringert zudem auch die Gehalte an Zink und Kupfer.

Nach Abschluss dieser Optimierungsphase wurde eine großtechnische Umsetzung in Zusammenarbeit mit einem mittelständigen Unternehmen durchgeführt und die so erhaltenen Produkte im Feld- und Containerversuchen auf ihre P-Pflanzenverfügbarkeit untersucht. In den Feldversuchen konnten keine Unterschiede zwischen den mit P ungedüngten Varianten und den gedüngten Varianten gefunden werden. Im Gegensatz dazu zeigten die Containerversuche mit verschiedenen Fruchtfolgen signifikante Unterschiede zu der Kontrolle ohne P.

Weitere Informationen zu den Containerversuchen können Sie hier finden: Steckenmesser et al., VDLUFA-Schriftenreihe Band 73/2016, ISBN 978-3-941273-23-8.

Die entwickelten Verfahren haben gezeigt, dass aus Klärschlamm hochwertige und schadstoffarme P-Düngemittel hergestellt werden können. Dieses Produkt könnten nach Granulierung von einem mittelständischen Unternehmen auf dem Markt, insbesondere im Ökologischen Landbau abgesetzt werden. Problematische biogene Reststoffe wie Klärschlamm werden dadurch sowohl energetisch als auch stofflich genutzt, mit positiven Effekten auf Energie- und Kreislaufwirtschaft. Die Substituierung der Rohphosphate im Ökologischen Landbau durch die Recyclingprodukte würde zudem die Belastung der landwirtschaftlichen Flächen mit Cadmium und Uran deutlich verringern.

### Ausblick

Phosphor muss in näherer Zukunft aus Klärschlamm recycelt werden. Dies wird durch die Novellierung der Klärschlammverordnung ab 2025 eine Pflicht für Kläranlagen ab einer bestimmten Größe (> 50.000 EW). Klärschlämme dieser Kläranlagen dürfen sodann nicht mehr direkt als Dünger in der Landwirtschaft verwendet werden. Durch das vorliegende Projekt wurden zwei vielversprechende Wege des Phosphorrecyclings herausgearbeitet:

Zum einen ein dezentraler Weg für kleinere Kläranlagen mit biologischer P-Eliminierung und unbedenklichen Mengen an Schwermetallen im Klärschlamm. Hierbei können kleine Pyrolysereaktoren (Temperatur 400-600°C) genutzt werden um pflanzenverfügbare P-Düngemittel herzustellen.

Zum anderen ein zentraler Weg für chemisch gefällte Klärschlämme sowie Klärschlämme mit hohen Schwermetallgehalten. Durch die thermochemische Behandlung mit Natrium-Additiven

können toxische Schwermetalle abgetrennt und die Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors stark erhöht werden.

### Projektbeteiligte

Projektleitung und -bearbeitung

Prof. Diedrich Steffens (Uni Gießen), MSc Daniel Steckenmesser (Uni Gießen), Dr.-Ing. Christian Adam (BAM), Dr. Christian Vogel (BAM)

### Kontakt:

Prof. Diedrich Steffens

Institut für Pflanzenernährung

Interdisziplinäres Forschungszentrum für Umweltforschung (IFZ)

Justus-Liebig-Universität Heinrich-Buff-Ring 26-32 35392 Gießen

E-Mail: [diedrich.steffens@emaehrung.uni-giessen.de](mailto:diedrich.steffens@emaehrung.uni-giessen.de)

Eine ausführliche Darstellung der Projektergebnisse finden Sie unter

[www.orgprints.org](http://www.orgprints.org) und

[www.böln.de/forschungsmanagement/projektliste](http://www.böln.de/forschungsmanagement/projektliste)