

Innovatives Verfahren zur

Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm

Hintergrund

Phosphor kann als essentieller Baustoff in allen Lebewesen und Pflanzen nicht durch andere Stoffe substituiert werden. In Düngemitteln gehört Phosphor zu den limitierenden Faktoren, die das Pflanzenwachstum bestimmen. Weltweit fließen mehr als 80 % aller Phosphate in den Düngemittelmarkt. Die Ernährungssicherung hängt somit eng von der Verfügbarkeit und dem Preis von Phosphaten ab.

Rohphosphat ist eine nicht erneuerbare, fossile Ressource. Schätzungen, wie lange diese Ressourcen unseren Bedarf noch decken können, sind sehr unterschiedlich. Die Lagerstätten sind auf wenige Länder bzw. Regionen begrenzt. Europa ist nahezu vollständig abhängig von Importen, was zu Risiken bei der Versorgungssicherheit und zu Anfälligkeit bei Preisschwankungen führt. Alternative Phosphatquellen müssen gefunden werden. Vielversprechend ist die Rückgewinnung von Phosphaten für die Landwirtschaft aus Klärschlamm.

Klärschlamm ist aber auch die sogenannte „Schadstoffsенke“ der Kläranlage. Über ihn werden die Schadstoffe aus dem Abwasser gezogen, daher enthält er neben den Wertstoffen auch Schadstoffe wie Schwermetalle, Medikamentenrückstände oder Krankheitserreger.

Unter bestimmten Voraussetzungen können vereinzelt Klärschlämme auch direkt als Dünger auf die Felder gebracht werden. Diese direkte Düngung mit phosphorreicher Klärschlamm erscheint als einfachster Weg der Kreislaufführung. Diese Form des Recyclings wird allerdings von Gesetzgebern, Landwirten und der Nahrungsmittelindustrie wegen der im Klärschlamm enthaltenen Schadstoffe zunehmend als kritisch eingestuft.

Noch werden rund 30% der in Deutschland anfallenden Klärschlämme direkt landwirtschaftlich verwertet. Strengere Grenzwerte werden zu einem Rückgang dieser Menge führen (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Vergleich der Grenzwerte aus Klärschlamm- und Düngemittelverordnung

Parameter [mg / kg KS-TM]	Klärschlammverordnung*	Düngemittelverordnung*
Blei	900	150
Cadmium	10	1,5
Nickel	200	80
Quecksilber	8	1

*Zahlen gemäß Abfklär-Verordnung und DüM-Verordnung
KS-TM: Klärschlamm-Trockenmasse

Seit über 100 Jahren ist Budenheim in der Phosphatindustrie als Hersteller und Entwickler hochreiner Phosphatspezialitäten tätig. Das ExtraPhos[®]-Verfahren der Firma Budenheim befasst sich mit der Rückgewinnung von Wertstoffen aus Klärschlamm, insbesondere Phosphat durch umweltfreundliche Extraktion mittels Kohlensäure. Ziel ist die Entwicklung eines umweltfreundlichen, nachhaltigen und wirtschaftlichen Verfahrens zum Einsatz in Kläranlagen.

Verfahrensbeschreibung

Zur Extraktion der Phosphate wird ausschließlich Kohlenstoffdioxid verwendet, welches im Prozess im Kreis geführt wird. Der Prozess lässt sich grob in drei Prozessschritte gliedern. Diese sind Kohlensäure-Extraktion, Fest-/Flüssig-Trennung und Phosphatfällung (siehe Abbildung 1).

Bei der Kohlensäure-Extraktion wird der Klärschlamm bei einem Druck von ca. 10 bar mit Kohlenstoffdioxid versetzt. Bei dieser Behandlung sinkt der pH-Wert auf einen Wert zwischen 4,5 und 5,5 ab und ein Teil der an die Klärschlammatrix gebundenen Phosphate wird mobilisiert.

Bei der anschließenden Fest-/Flüssig-Trennung werden die Klärschlammartikel von der flüssigen Phase getrennt. Hierzu werden Klärschlamm-entwässerungs-Aggregate nach dem Stand der Technik eingesetzt. Der dabei verbleibende, entwässerte Klärschlamm kann der weiteren Verwertung zugeführt werden.

Das Kohlendioxid, welches zur pH-Wert-Absenkung eingesetzt wird, geht nach der Entspannung in die gasförmige Phase über und wird der Flüssigkeit entzogen. Es wird aufgefangen, verdichtet dem Prozess wieder zugeführt. Das Schlammwasser wird dem dritten Prozessschritt, der Phosphatfällung zugeführt. Hierbei werden die gelösten Phosphate als Calciumphosphat ausgefällt. Um den Vorgang der Fällung zu beschleunigen wird im Fällungsreaktor eine geringe Menge an Kalkmilch zugegeben, wobei ein Großteil des benötigten Calciums bereits im Schlammwasser enthalten ist. Nach Abtrennung und Trocknung und Granulierung werden die Calciumphosphate als Düngemittel eingesetzt.

Die angestrebte Rückgewinnungsquote liegt bei 50 % bezogen auf den im Klärschlamm enthaltenen Phosphor-Anteil.

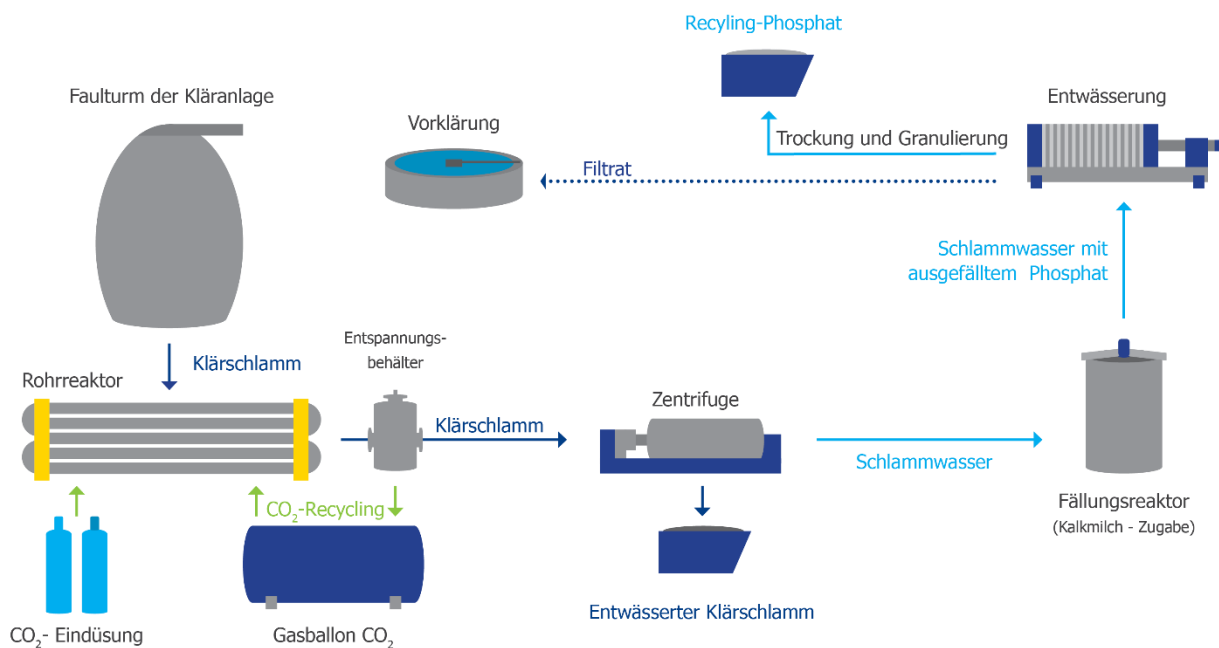


Abbildung 1: Verfahrensfleißbild ExtraPhos®-Prozess

Aktueller Stand der Verfahrensentwicklung

Im Jahr 2010 wurde die Idee zum Verfahren entwickelt und erste Laborversuche durchgeführt. Zur Durchführung von Versuchen unter definierten Bedingungen wurden zwei Versuchsanlagen im Technikumsmaßstab errichtet. Eine dieser Anlagen wurde beim Fraunhofer Institut für Chemische Technologie in Pfinztal betrieben, die andere bei Budenheim selbst. Die bei Budenheim betriebene Technikumsanlage hat ein Extraktionsvolumen von 50 Litern und arbeitete noch im Batchbetrieb.

Der Übergang zur kontinuierlichen Verfahrensweise ist der ExtraPhos[®]-Pilotanlage gelungen (siehe Abbildung 2). Sie arbeitet mit einem maximalen Faulschlamm-Durchsatz von ca. 2 m³ pro Stunde. Die Pilotanlage wurde im Juni 2017 an der Kläranlage Mainz-Mombach eingeweiht, einer Kläranlage mit ca. 360.000 EW (Einwohnerwerten) und chemischer Phosphor-Elimination mittels FeCl₂.

An dieser Anlage wird ein Teilstrom von ca. 2% des an der Kläranlage Mainz-Mombach anfallenden Klärschlammes behandelt. Die maximale Kapazität erlaubt eine Behandlung von ca. 10 % des anfallenden Klärschlammes.

Nach erfolgreichem Betrieb der Pilotanlage ist eine Realisierung von Anlagen in weiteren kommunalen Kläranlagen ab 2018 denkbar.



Abbildung 2: ExtraPhos[®]-Pilotanlage

Eigenschaften des Recyclingdüngers

Beim Budenheim ExtraPhos[®]-Verfahren wird als Produkt Dicalciumphosphat erzeugt. Das gewonnene Phosphat liegt zunächst in Wasser gelöst vor. Mittels klassischer Fällung und Filtration trennt man die Feststoffe von der Flüssigkeit und es bleibt eine vergleichsweise dickflüssige Phosphatsuspension übrig. Diese wird im nächsten Prozessschritt getrocknet und das Produkt liegt pulverförmig vor.

Je nach Zweckbestimmung kann dieses Pulver weiterverarbeitet werden. Für die Anwendung in der Landwirtschaft ist eine Granulierung möglich, um den Dünger in der Landwirtschaft ausbringen zu können.

Aktuell ist als Einsatzort der rückgewonnenen Phosphate ausschließlich die Landwirtschaft vorgesehen.

Umweltaspekte

Der einzige zur Extraktion der Phosphate eingesetzte Rohstoff ist Kohlenstoffdioxid. Dieses wird nach der Entspannung verdichtet, im Kreis geführt und kann mehrfach zur Extraktion verwendet werden. Durch diese Kreislaufführung des Kohlenstoffdioxids kann die Ökobilanz des Verfahrens signifikant verbessert werden.

Da das Budenheim ExtraPhos[®]-Verfahren an der nassen Klärschlammphase ansetzt, wird direkt an der Kläranlage ein Phosphatdünger erzeugt. Dieser kann in der umliegenden Region als Dünger eingesetzt werden, was Transportkosten reduziert. Der entwässerte, an Phosphat abgereicherte Klärschlamm kann verschiedenen Verwertungswegen zugeführt werden, z.B. als Brenn- und Rohstoff in der Zementindustrie oder in der Klärschlamm-Monoverbrennung.

Einschätzung der Wirtschaftlichkeit

Detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnungen werden erfolgen, sobald die geplanten Versuche an der Pilotanlage abgeschlossen sind. Bisher durchgeführte Berechnungen basieren auf Grundlage der an der Technikumsanlage durchgeführten Versuche. Sie zeigen, dass das Budenheim ExtraPhos[®]-Verfahren durchaus konkurrenzfähig mit anderen Rückgewinnungsverfahren ist. Dabei spielt besonders der geringe Chemikalienverbrauch eine große Rolle. Denn das zur pH-Wert Absenkung eingesetzte Kohlendioxid kann im Kreislauf geführt werden und wird daher nicht verbraucht, sondern wiederverwertet.

Das Budenheim ExtraPhos[®]-Verfahren eignet sich für alle Kläranlagen mit oder ohne Schlammfäulung, die Phosphor-Elimination aus dem Abwasser betreiben. Aktuell werden ca. 91 % der Abwassermenge an Kläranlagen einer Phosphor-Elimination unterzogen. Das Verfahren kann unabhängig von der Art der Phosphor-Elimination, biologisch oder chemisch, eingesetzt werden. Es sind daher keine aufwendigen Verfahrensumstellungen seitens der Kläranlage erforderlich.

Das Budenheim ExtraPhos[®]-Verfahren läuft bei Umgebungstemperatur ab. Es ist daher kein zusätzlicher thermischer Energieeintrag erforderlich.

Zur Entwässerung des Klärschlammes können in der Regel Aggregate verwendet werden, die bereits an den Kläranlagen vorhanden sind. Daher sind je nach Kläranlage vergleichsweise geringe Investitionskosten zu erwarten.

Kontakt für weitere Informationen

Eva Opitz, Projektmanagerin

Chemische Fabrik Budenheim KG
Rheinstraße 27 | 55257 Budenheim

E-Mail: eva.opitz@extraphos.com

Telefon: 06139 – 89 543

Quellen

- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover Juli 2014
- Deutsche Klärschlammverordnung
- Deutsche Düngemittelverordnung