

## UMWELTFREUNDLICHE 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 rund 85 % aller Phosphate in den Düngemittelmarkt. Die Schätzungen, wie lange die konventionellen Phosphorlagerstätten unseren Bedarf an Phosphaten noch decken, liegen zwischen 300 und 400 Jahren.

Alternative Phosphatquellen müssen gefunden werden. Vielversprechend ist die Rückgewinnung aus Klärschlamm. Denn Klärschlamm enthält Nährstoffe, wie Phosphate, die für die Landwirtschaft unabdingbar sind. Die direkte Düngung mit phosphorreichem Klärschlamm wird zunehmend als kritisch eingestuft.

Klärschlamm ist 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.

Tabelle 1: Vergleich der Grenzwerte aus AbfKlär- und Düngemittelverordnung

<b>Parameter [Milligramm / kg Schlamm-Trockenmasse]</b>	<b>Klärschlammverordnung bis Ende 2014*</b>	<b>Düngemittelverordnung ab 2015*</b>
<b>Blei</b>	900	150
<b>Cadmium</b>	10	1,5
<b>Nickel</b>	200	80
<b>Quecksilber</b>	8	1

\*Zahlen gemäß AbfKlär-Verordnung und DüM-Verordnung

Unter bestimmten Voraussetzungen können vereinzelt Klärschlämme auch direkt als Dünger auf die Felder gebracht werden. Einzelheiten klärt die Abfall- und Klärschlammverordnung. Noch werden rund 30% der in Deutschland anfallenden Klärschlämme direkt landwirtschaftlich verwertet. Strengere Grenzwerte werden zu einem Rückgang dieser Menge führen (siehe Tabelle 1).

Das Projekt Phosphat-Rückgewinnung der Firma Budenheim befasst sich mit der Rückgewinnung von Wertstoffen aus Klärschlamm, insbesondere Phosphat durch umweltfreundliche Extraktion mittels Kohlensäure.

Seit über 100 Jahren ist Budenheim in der Phosphatindustrie als Hersteller und Entwickler hochreiner Phosphatspezialitäten tätig. Das Unternehmen bringt mit dem Projekt der Rückgewinnung von Phosphat aus Klärschlamm seine Expertise in der Phosphatchemie ein. Ziel ist die Entwicklung eines umweltfreundlichen, nachhaltigen und wirtschaftlichen Verfahrens zum Einsatz in Kläranlagen.

## **BESCHREIBUNG DES BUDENHEIM-VERFAHRENS**

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.

Bei der Kohlensäure-Extraktion wird die Klärschlamm-Wasser-Suspension unter 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 geht in Lösung.

Bei der anschließenden Fest-/Flüssig-Trennung werden die Klärschlammteilchen von der flüssigen Phase getrennt. Hierzu werden Klärschlammfällflockungsmittel 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 und 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. Nach Abtrennung und Trocknung und Granulierung werden die Calciumphosphate als Düngemittel eingesetzt.

Derzeit beträgt die Rückgewinnungsquote bezogen auf das im eingesetzten Klärschlamm enthaltene Phosphat ca. 50 %.

Auf das Verfahren wurde ein Patent mit dem Namen "PHOSPHATE RECOVERY FROM SLUDGE" unter der Nummer DE20091020745 20090511 angemeldet.

Eine Übersicht über das Verfahren gibt Abbildung 1.

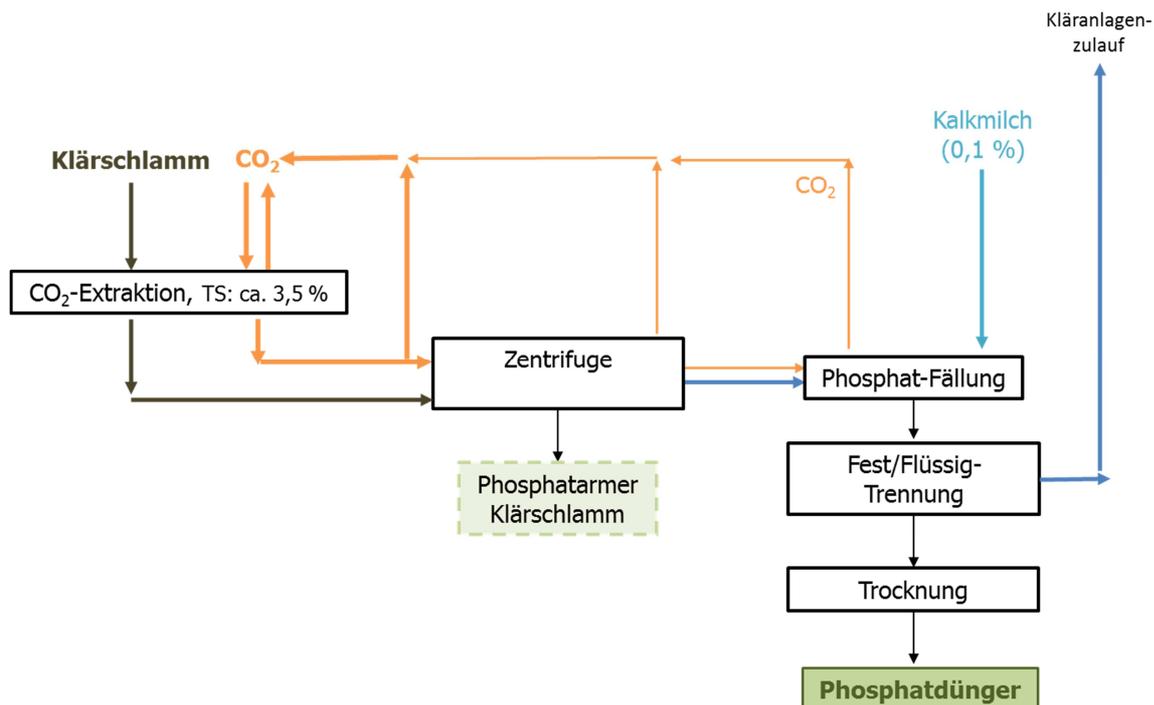


Abbildung 1: Verfahrensfliessbild Budenheim-Verfahren

## AKTUELLER STAND DER VERFAHRENTWICKLUNG

Im Jahr 2010 wurde die Idee zum Verfahren geboren und erste Laborversuche durchgeführt, die schnell des Proof of principle erbrachten. Im Rahmen eines EFRE Förderprojektes wurde das Projekt mit über 400.000 Euro bezuschusst.

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 Technikumsanlage bei Budenheim hat ein Extraktionsvolumen von 50 Litern und wird batchweise betrieben.



Abbildung 2: Technikumsanlage zur Phosphatextraktion bei Budenheim

Ein Übergang zur kontinuierlichen Verfahrensweise ist mit dem Bau einer Pilotanlage geplant. Diese wird voraussichtlich 2016 an der Kläranlage Mainz-Mombach errichtet. An dieser Anlage wird ein Teilstrom des an der Kläranlage Mainz-Mombach anfallenden Klärschlammes behandelt und somit an Phosphat angereichert. Die Pilotanlage wird von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt und dem Land Rheinland-Pfalz mit fast 600.000 € gefördert.

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

## **EIGENSCHAFTEN DES RECYCLINGDÜNGERS**

Beim Budenheim-Verfahren wird als Produkt Dicalciumphosphat erzeugt. Das gewonnene Phosphat liegt zunächst in Wasser gelöst vor. Nach einer klassischen Filtration trennt man die Feststoffe von den Flüssigstoffen und es bleibt eine vergleichsweise dickflüssige Phosphatsuspension übrig. Im nächsten Prozessschritt trocknet man diese und erhält ein weißliches Pulver, das Phosphatpulver.

Je nach Zweckbestimmung kann dieses Pulver weiterverarbeitet werden. Für die Anwendung in der Landwirtschaft würde man es zum Beispiel granulieren, um es leichter auf die Felder aufbringen zu können. In den bislang durchgeführten Pflanzversuchen wurde das Produkt des Budenheim-Verfahrens als vergleichbar mit konventionellen Phosphatdüngern bewertet.

Aktuell ist ein Einsatz der rückgewonnenen Phosphate ausschließlich in der Landwirtschaft vorgesehen. Sie stellen eine nachhaltige Lösung dar, die auch in Zukunft bei Ressourcenknappheit für die Sicherung der Lebensgrundlage sorgt.

## **UMWELTASPEKTE**

Eingesetzte Rohstoffe zur Extraktion der Phosphate sind Kohlenstoffdioxid. Dieses wird nach der Entspannung verdichtet und mehrfach zur Extraktion verwendet.

Da das Budenheim-Verfahren bei der nassen Klärschlammphase ansetzt, kann direkt an der Kläranlage ein Phosphatdünger erzeugt werden. Dieser kann in der umliegenden Region als Dünger eingesetzt werden, was Transportwege spart. Der entwässerte, an Phosphat abgereicherte Klärschlamm kann verschiedenen Verwertungswegen zugeführt werden.

Phosphate werden üblicherweise als Phosphatgestein in Minen abgebaut. Diese Lagerstätten sind wie bei Steinkohle- oder Erdölvorkommen endlich. Die weltweiten Phosphatreserven schätzt man auf 66,76 Milliarden Tonnen. In den Bergwerken werden jährlich 223.610.000 Tonnen gefördert.

Je nach Phosphatbedarf in der Zukunft, der Entwicklung der Weltbevölkerung und der Qualität der Phosphatgesteine variieren die Schätzungen zur Endlichkeit der Lagerstätten. Es heißt, dass konventionelle Phosphatlagerstätten unseren Bedarf an Phosphaten noch zwischen wenigen Jahrzehnten bis hin zu 400 Jahren decken.

Fast 90% der weltweit produzierten Phosphate sind ernährungsrelevant. Gut 80% fließen in Düngemittel und weitere 6% direkt in Nahrungs- und Futtermittel. Die verbleibenden Mengen finden in verschiedenen industriellen Anwendungen Einsatz.

## **WIRTSCHAFTLICHKEIT DES VERFAHRENS**

Detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnungen können erfolgen, sobald die Pilotanlage an der Kläranlage Mainz-Mombach in Betrieb genommen wurde. Bisher durchgeführte Berechnungen basieren auf Grundlage der an der Technikumsanlage durchgeführten Versuche. Sie zeigen, dass das Budenheim-Verfahren durchaus konkurrenzfähig mit anderen Rückgewinnungsverfahren ist. Dabei spielt besonders der geringe Chemikalienverbrauch eine große Rolle. Denn das zur pH-Wert Absenkung eingesetzte Kohlendioxid wird im Kreislauf geführt und daher nicht verbraucht, sondern wiederverwertet.

Das Budenheim-Verfahren eignet sich für alle Kläranlage, unabhängig von der Art der Phosphatelimination. Es sind daher keine aufwendigen Verfahrensumstellungen seitens der Kläranlage erforderlich. Aktuell werden ca. 91 % der Abwassermenge an Kläranlagen mit Phosphatelimination behandelt.

Zur Entwässerung des Klärschlammes können in der Regel Aggregate verwendet werden, die bereits an den Kläranlagen vorhanden sind. Dies wirkt sich positiv auf die Investitionskosten für das Phosphat-Recycling aus.

Das Budenheim-Verfahren läuft bei Umgebungstemperatur ab. Es ist kein zusätzlicher Einsatz an thermischer Energie erforderlich.

## **QUELLEN**

- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover Juli 2014
- AbfKlär-Verordnung
- DüM-Verordnung

## **KONTAKT**

Eva Stössel, M.Sc.

Chemische Fabrik Budenheim KG

Rheinstraße 27

55257 Budenheim

E-Mail: [eva.stoessel@budenheim.com](mailto:eva.stoessel@budenheim.com)

Tel.: 06139 – 89 543