Karlsruhe Institute of Technology

Karlsruhe Institute of Technology (KIT):
[1] Competence Center for Material Moisture (CMM), Germany and
[2] Institute for Functional Interfaces (IFG), Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, Germany

Competence Center for Material Moisture

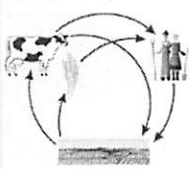
Rückgewinnung von Phosphor aus kommunalem Abwasser mittels Kristallisation an reaktivem Calcium-Silicat-Hydrat-Substrat

A. Ehbrecht[1], T. Fuderer[2], S. Schönauer[2], R. Schuhmann[1/2]

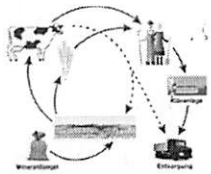
anke.ehbrecht@kit.edu

1. Motivation

Nachhaltiger Umgang mit knappen natürlichen Ressourcen ist eine wesentliche Aufgabe der Zukunft. Die Endlichkeit und Qualität von Phosphorressourcen im Zusammenhang mit steigenden Rohstoffpreisen und zunehmendem Düngemittelbedarf erfordern Innovationen wie z. B. der P-Rückgewinnung aus kommunalem Abwasser und Prozesswasser.



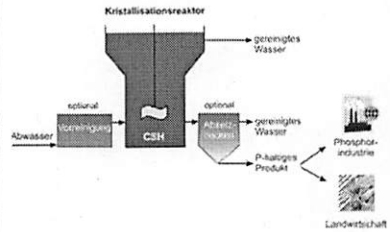
Natürlicher P-Kreislauf



Anthropogener P-Kreislauf

2. P-RoC-Verfahren

Das am Karlsruher Institut für Technologie entwickelte P-RoC-Verfahren (Phosphorus Recovery by Crystallisation from Waste- and Process water) ermöglicht die Rückgewinnung von Phosphor aus wässrigen Phasen an einem reaktiven Substrat ohne weiteren Zusatz von Chemikalien.



Das Verfahren ist technisch einfach durchführbar und wurde im Nebenstrom einer kommunalen Kläranlage kontinuierlich im Pilotmaßstab betrieben.

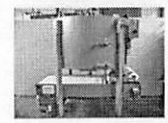
3. Methodik

Aufgrund der weitreichenden Diversität von Ab- und Prozesswasser wurde eine gestufte Vorgehensweise entwickelt, die eine Beurteilung der Effizienz des P-RoC-Verfahrens ermöglicht.

Kurzzeitversuche über 24 h im 5-L-Labormaßstab geben Auskunft über die Reaktionskinetik.

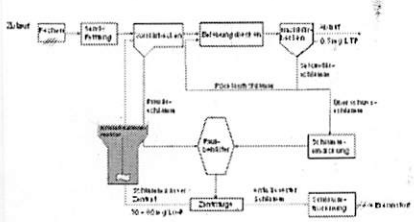
Halbtechnikversuche dienen der Information über die Qualität der generierten Produkte wie z. B. P-Gehalt und Zusammensetzung.

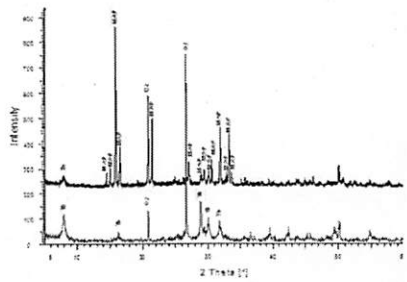
Der Einsatz der Pilotanlage ermöglicht eine Validierung der Labor- und Halbtechnikversuche und bestätigt ein Upscaling um Faktor 10.



4. Ergebnisse

Das P-RoC-Verfahren wurde anhand zweier unterschiedlicher Anlagenkonfigurationen im Nebenstrom mit Zentratabwasser aus der Klärschlammentwässerung auf der kommunalen Kläranlage in Neuburg an der Donau eingesetzt. Der Verlauf der P-Elimination zeigt, dass das Verfahren unabhängig von der Anlagenkonfiguration reproduzierbar ist: Eine Phosphatentfrachtung des Zentratstromes von 60% ist zuverlässig darstellbar.





Die Identifizierung der generierten Mineralphasen erfolgt mittels Röntgendiffraktometrie (XRD). Je nach Zusammensetzung des behandelten Abwassers entstehen unterschiedliche Mineralphasen wie z. B. Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat) oder diverse Calcium-Phosphate wie z. B. Hydroxylapatit.

In Anbetracht einer weiteren Verwendung der generierten Produkte sind sowohl der P-Gehalt als auch evtl. Schwermetall-Anreicherungen von Interesse. Aufgrund einer geringen Schwermetall-Hintergrundbelastung des reaktiven Calcium-Silicat-Hydrat-Substrates bleibt die Schwermetallbelastung des Produktes weit unter gängigen Grenz- und Richtwerten. Die erreichbaren P-Gehalte der Produkte entsprechen mit 10% P_2O_5 denen von handelsüblichen Phosphatdüngemitteln.

Schwermetallgehalte des generierten Sekundärphosphates im Vergleich zu anderen Substraten

Element	Sekundärphosphat [mg/kg$_{TM}$]	DüMV [mg/kg$_{TM}$]	AbfKlärV [mg/kg$_{TM}$]	BioAbfV [mg/kg$_{TM}$]	BioAbfV [mg/kg$_{TM}$]	BioAbfV [mg/kg$_{TM}$]
Blei	n.n	150	100	45	100	40 - 100
Cadmium	n.n	1.5	1.5	0.7	1.0	0.4 - 1.5
Chrom	4.6	300	100	70	70	30 - 100
Kupfer	2.5	–	60	70	70	20 - 60
Nickel	2.3	80	50	25	35	15 - 70
Quecksilber	n.n	1	1	0.4	0.7	0.1 - 1.0
Zink	10.9	–	200	200	300	50 - 200

5. Zusammenfassung

Die Vorteile des Verfahrens liegen auf der Hand:

- simultane P-Elimination und -Rückgewinnung
- keine weitere Zugabe von Hilfsstoffen notwendig
- technisch einfache Durchführung
- die generierten Sekundärphosphate können sowohl in der P-Industrie als auch der Landwirtschaft zur Verwendung kommen

Das Verfahren eignet sich vor allem für eine Abwasserbehandlung im Teilstrom wie im Nebenstrom kommunaler Kläranlagen wie auch zur Behandlung von Abwasser aus Tierhaltungsbetrieben bzw. aus der Lebensmittel- oder Papierindustrie.

6. Danksagung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die Mittelbereitstellung im Rahmen der BMBF/BMU-Förderinitiative „Kreislaufwirtschaft für Pflanzennährstoffe – insbesondere Phosphor “.

Unser besonderer Dank gilt der Stadt Neuburg an der Donau für die Innovationsbereitschaft und vor allem den Mitarbeitern des Klärwerks für die Bereitstellung der Infrastruktur wie auch für die tatkräftige Unterstützung in diesem Projekt.

7. Referenzen

- Ehbrecht, A., Fuderer, T., Schönauer, S., Schuhmann, R. [2012]: "Verfahren zur P-Rückgewinnung aus Abwasser mittels Kristallisation – Materialcharakterisierung hinsichtlich der Effektivität", KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 59 (5), p. 455-464
- Ehbrecht, A., Fuderer, T., Schönauer, S., Schuhmann, R. [2011]: "Identification and quantitation of phosphate mineral phases generated by CSH-seeded crystallization from sewage", DGK 2011 Joint Meeting "Crystals, Minerals and Materials" of the German Crystallographic Society, the German Mineralogical Society and Austrian Mineralogical Society, 20-24th of Sept. 2011, Salzburg, Austria
- Ehbrecht, A., Fuderer, T., Schönauer, S., Schuhmann, R. [2010]: "P-Recovery by Crystallisation of Calcium phosphates with a pilot plant in batch mode technology", IWA World Water Congress, 19-24th of Sept. 2010, Montréal, Canada
- Ehbrecht, A., Patzig, D., Schönauer, S., Schwotzer, M., Schuhmann, R. [2009]: „Crystallisation of calcium phosphate from sewage: Efficiency of batch mode technology and quality of the generated products", International Conference on Nutrient Recovery from Wastewater Streams, May 10-13th 2009, Vancouver (BC), Canada
- Ehbrecht, A., Patzig, D., Schönauer, S., Schuhmann, R. [2008]: "Efficiency of CSH-substrates with regard to P-elimination from wastewater and the quality of the generated products", Poster presentation at IWA World Water Congress, 7-12th of Sept. 2008, Vienna, Austria