

LEACHPHOS

*im Kanton Zürich*

# Technische Machbarkeit gesichert. Optimierungen gestartet.

## Abschluss der Abklärungen im laufenden Projekt

Die technische Machbarkeit des LEACHPHOS-Prozesses zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammasche wurde im Labor und im Grossmassstab in Bern untersucht. Zudem fanden Düngversuche im Gewächshaus statt. Resultate liegen vor. Versuche im Feld laufen. Ein ökologischer/ökonomischer Verfahrensvergleich mit zwei alternativen Verfahren ist erfolgt.

## Ergebnisse

- Die Nutzung des Phosphors ist technisch möglich.
- Keines der drei untersuchten Verfahren (LEACHPHOS, ASH-DEC, Recophos) eignet sich im Kanton Zürich für eine sofortige Anwendung.
- Das nasschemische Extraktionsverfahren LEACHPHOS bietet aber interessantes Optimierungspotenzial und wird aktiv weiterentwickelt.
- Bis zur Marktreife eines Verfahrens soll die Klärschlammasche in einer Monodeponie gelagert werden.



## LEACHPHOS: Erkenntnisse aus den Entwicklungsarbeiten

In der zweijährigen Entwicklungsphase wurde untersucht, ob sich ein nasschemischer Prozess zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm-Asche eignet. Verschiedene Behandlungsarten der Klärschlamm-Asche mit unterschiedlichen Phosphorprodukten wurden untersucht und potenzielle Absatzmärkte evaluiert:

- Produkt für die Düngemittelindustrie: Extraktion der Klärschlamm-Asche mit verdünnter Salz- oder Schwefelsäure
- Ausgangsprodukt für die thermische Herstellung von weissem Phosphor (thermPhos-Prozess): Extraktion der Klärschlamm-Asche mit verdünnter Schwefelsäure und Fällung eines Aluminiumphosphats.

### Die Ergebnisse der Entwicklungsphase:

- Erfolgreiche Phosphorabtrennung aus Klärschlamm-Asche und nachfolgende Anreicherung
- Erforderliche Phosphorproduktqualität für beide Absatzwege erreichbar
- Phosphorrückgewinnungsraten von 70–90% aus der Klärschlamm-Asche mit vertretbarem Säureeinsatz erreichbar (Wahl des Extraktionsmittels und der Fällmittelmischung aus Kalkmilch und Natronlauge erlaubt, Produktgehalte bzw. Rückstand zu beeinflussen)
- Favorit: Schwefelsäurevariante, da geringe Schwermetallfracht und höhere Verfügbarkeit. Nur jene wurde im Grossversuch weiterverfolgt.

## Alternative: Einsatz von Aluminium zur Phosphatfällung in ARA

Der thermPhos-Prozess ist geeignet, um aus eisenarmer Klärschlamm-Asche Phosphor direkt zurückzugewinnen. Die Eawag Dübendorf untersuchte im Auftrag des AWEL, wie die Phosphorrückgewinnung vereinfacht werden könnte. Die zentrale Frage lautete: Kann die Phosphorfällung in den ARA nicht auf Basis von nur Aluminiumsalzen erfolgen? Diese Alternative wurde als **nicht umsetzbar** befunden und wird nicht weiterverfolgt.

Hauptgründe:

- schlechteres Schlammabsetzverhalten,
- unerwünschte Schwefelsulfidbildung,
- schlechtere Entwässerung des Schlammes,
- höhere Fällmittel- und hohe Umstellkosten,
- Rohabwasser enthält bereits viel Eisen.



Filtration des Phosphorprodukts

## Resultate ökologischer/ökonomischer Vergleich

**Das LEACHPHOS-Verfahren wurde mit dem thermochemischen ASH-DEC- sowie dem Recophos-Verfahren (direkte Umwandlung der Klärschlamm-Asche in ein Düngerprodukt dank Extraktion mit Phosphorsäure) in ökologischer und ökonomischer Hinsicht im Detail verglichen.**

### Die Resultate:

Für das Phosphorrecycling aus reiner Klärschlamm-Asche ist für den Kanton Zürich derzeit noch keines der drei Verfahren eine optimale Lösung. Das nass- sowie das pyrochemische Verfahren liefern kein marktgängiges Endprodukt, sondern «nur» einen alterna-

tiven Rohstoff, der Rohphosphat substituieren kann. Das pyrochemische Produkt hat zudem einen tiefen Phosphatgehalt. Beim nasschemischen Verfahren muss unter anderem die Verwertung/Entsorgung der abgereicherten Klärschlamm-Asche noch optimiert werden. Das direkte Umwandlungsverfahren Recophos führt zu einem marktfähigen Düngerprodukt. Da keine Schwermetallabtrennung erfolgt, setzt dieses aber eine phosphorreiche und schwermetallarme Klärschlamm-Asche voraus. Aus der Sicht des Kantons Zürich verfügt das nasschemische Verfahren noch über ein grosses Entwicklungspotenzial. In optimierter Form zeichnet sich damit eine interessante Lösung ab.



Sommerweizen (1 kg Boden pro Topf)



Arbeit im Gewächshaus der ETH Zürich



Italienisches Raigras und Raps (1 kg Boden pro Topf)

**Tabelle rechts:** Exemplarisch für alle gewählten Kulturen sind die Resultate für italienisches Raigras, Sommerraps und Silomais dargestellt. Schwach saurer Boden (Boden A), schwach alkalischer Boden (Boden B) und alkalischer Boden (Boden C). Zahlen in Klammern entsprechen der Standardabweichung von vier Versuchsreplikaten.

## Eignung als Düngemittel

An der ETH Zürich untersuchte die Gruppe für Pflanzenernährung unter der Leitung von Prof. Emmanuel Frossard, ob das LEACHPHOS-Produkt als Dünger geeignet ist und wie es sich im Vergleich mit konventionellem Dünger verhält. Ernte, Analytik und Auswertung der Versuche sind abgeschlossen: Die Resultate zeigen, dass das LEACHPHOS-Produkt ein hohes Potenzial zur Substitution von importierten chemisch-synthetischen

Phosphordüngern hat. Ob sich der LEACHPHOS-Dünger auch unter realen Anbaubedingungen für die Landwirtschaft eignet, untersucht die Forschungsgruppe von Dr. Walter Richner und René Flisch von der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon. Die Feldversuche werden an drei Standorten durchgeführt und verlaufen planmässig. Erste Resultate liegen voraussichtlich Ende 2013 vor.

## Resultate aus Topfversuchen

Die Düngung mit dem LEACHPHOS-Produkt führte für die Mehrheit aller getesteten Boden-Pflanzen-Kombinationen zu einer gleich hohen Phosphordüngerenausnutzung (Indikator für die Phosphoraufnahme von Pflanzen) wie der Superphosphat-Vergleichsdünger (siehe Tabelle). Das bedeutet, dass das LEACHPHOS-Produkt im selben Mass von Pflanzen aufgenommen wird wie ein Superphosphat.

Diese Erkenntnis gilt für eine Auswahl relevanter Schweizer Böden und Pflanzen, speziell für alkalische Böden, die eine Herausforderung für die Phosphordüngung darstellen. Die Charakterisierung des LEACHPHOS-Produkts hat ausserdem

ergeben, dass die gesetzlich vorgeschriebenen Schwermetallgrenzwerte für Mineraldünger eingehalten werden könnten. Eine umfassende Veröffentlichung der Resultate in einer wissenschaftlichen Zeitschrift ist vorgesehen. Vor einem Markteintritt des LEACHPHOS-Produkts müssen jedoch weitere Aspekte untersucht werden. Dazu gehören die detaillierte Beschreibung der Phosphorformen im LEACHPHOS-Produkt mittels Strukturanalyse, die Übertragbarkeit der gewonnenen Resultate in die Praxis (Feldversuche) und die Konstanz der Düngerqualität bei einem grosstechnischen Betrieb einer LEACHPHOS-Anlage.

## Vergleich Phosphor-Düngerenausnutzung

	Boden A	Boden B	Boden C
<b>Düngerenausnutzung italienisches Raigras</b> (% des applizierten Phosphors)			
Vergleichsdünger	<b>35 (3)</b>	<b>16 (1)</b>	<b>14 (2)</b>
LEACHPHOS-Produkt	<b>32 (4)</b>	<b>14 (2)</b>	<b>13 (3)</b>
<b>Düngerenausnutzung Sommerraps</b> (% des applizierten Phosphors)			
Vergleichsdünger	<b>13 (3)</b>	<b>13 (2)</b>	<b>17 (3)</b>
LEACHPHOS-Produkt	<b>10 (3)</b>	<b>15 (2)</b>	<b>19 (4)</b>
<b>Düngerenausnutzung Silomais</b> (% des applizierten Phosphors)			
Vergleichsdünger	<b>23 (6)</b>	<b>20 (5)</b>	<b>12 (3)</b>
LEACHPHOS-Produkt	<b>19 (5)</b>	<b>24 (9)</b>	<b>20 (9)</b>

## Finanzielle Betrachtungen

Die Untersuchungen zeigen, dass mehr Zeit nötig ist, um die Phosphorrückgewinnung wirtschaftlich so zu optimieren, dass eine Phosphornutzung im Vergleich zur Ablagerung der Klärschlammasche keine relevanten Mehrkosten verursacht.

### Primäre Erfolgsfaktoren einer Kostenreduktion sind:

- Reduktion der Entsorgungskosten der abgereicherten Klärschlammasche (Inertstoff oder kostenneutrale Verwertung statt Reststoff)
- Höhere Wertschöpfung auf der Phosphorproduktseite
- Anlagestandort und Grösse (Scale-up-Faktor, Logistikwege usw.); evtl. Kombi-anlage aus mehreren Prozessen (Schwermetalle und Phosphor) mit Synergiepotenzial
- Verwendung von gebrauchten Säuren (Reduktion der Betriebsmittelkosten)

## Weiteres Vorgehen im Kanton Zürich

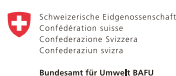
Der Lenkungsausschuss «Klärschlammverwertung Kanton Zürich» wurde am 8. Juli 2013 über die Resultate der bisherigen Abklärungen informiert und hat die nachstehenden Beschlüsse gefasst:

- Die Möglichkeit zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammasche wird als machbar eingestuft und aktiv weiterverfolgt.
- Das AWEL sorgt zusammen mit dem ERZ, der Stiftung ZAR und der ZAV-Recycling AG dafür, dass die Produkt- und Verfahrensentwicklung für die nasschemische Phosphorrückgewinnung (LEACHPHOS) in Sinne des Massnahmenplans Abfall- und Ressourcenwirtschaft des Kantons Zürich weiterverfolgt wird.
- Das ERZ sorgt dafür, dass die Klärschlammasche nach Inbetriebnahme der neuen Klärschlammverwertungsanlage bis zur Verwertung auf einer Monodeponie abgelagert werden kann.
- Das AWEL nimmt gemeinsam mit dem ERZ, der ZAV-Recycling AG und der Stiftung ZAR regelmässige Standortbestimmungen vor und orientiert den Lenkungsausschuss. Sobald die Produkte- und Verfahrensentwicklung praxisreif sind, lässt das AWEL einen Schlussbericht erstellen.

## Projektpartner



Energie aus Abfall



## Ziele für die Weiterentwicklung von LEACHPHOS

Durch Umfeldbeobachtung und Gespräche mit Fachleuten und Partnern wurden die wichtigsten Optimierungspotenziale identifiziert:

- Steigerung der Qualität der abgereicherten Klärschlammasche.  
Ziel: Verwertung bzw. Ablagerung mit Inertstoffqualität
- Steigerung der Wertschöpfung des Phosphorprodukts.  
Ziel: DSP, TSP oder Phosphorsäure

Bis Ende 2014 sollen Resultate aus der Optimierung vorliegen.

## Auskunft und Information

Gesamtprojekt:

Dr. Leo Morf, AWEL, Tel. 044 259 39 70, [www.klaerschlamm.zh.ch](http://www.klaerschlamm.zh.ch)

LEACHPHOS-Verfahren:

Dr. Stefan Schlumberger, BSH Umweltservice AG, Tel. 041 925 70 25, [www.bsh.ch](http://www.bsh.ch)