

# Zentrale Phosphor-rückgewinnung aus Abwasser

**Phosphor ist ein kostbarer und knapper Rohstoff. Bisher muss er importiert werden, obwohl die Schweiz über eine ergiebige eigene Quelle verfügt: das Abwasser. Der Rohstoff lässt sich im grossen Stil aus Klärschlamm zurückgewinnen und in den Kreislauf zurückführen. Wie soll dies am besten geschehen?**

Leo Morf, Projektleiter Klärschlamm-entsorgung, Projektleiter P-Miningprojekt AWEL, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft  
Baudirektion Kanton Zürich  
Telefon 043 259 39 70  
leo.morf@bd.zh.ch

Franz Adam, Leiter Abteilung Abfallwirtschaft  
AWEL, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft  
Baudirektion Kanton Zürich  
Telefon 043 259 39 40  
www.abfall.zh.ch

Projektblatt Nr. 5 «Phosphor Mining»  
www.news.zh.ch



Neue zentrale Klärschlammverwertungsanlage im Klärwerk Werdhölzli. Gegenüber der dezentralen Verarbeitung ist dies effizienter und spart den Kommunen Kosten.  
Quelle: ERZ

6000 Tonnen wertvolles Phosphat werden jedes Jahr mit dem Abwasser durch die Schweizer Kanalisationen gespült und gehen nach der Abwasserreinigung heute mit dem Klärschlamm praktisch vollständig verloren. Stattdessen wird jährlich eine ebenso grosse Menge Mineraldünger aus dem Ausland importiert. Das verursacht nicht nur Kosten, sondern beim Abbau und bei dessen anschliessender Verwendung in den Böden oft auch grosse Umweltbelastungen.

## Was Phosphat so wertvoll macht

Phosphat wird als essentielles Element für das Wachstum aller Lebewesen benötigt. Kulturen wird es darum als wichtigster Bestandteil des Düngers zugeführt. Phosphat ist ein nicht erneuerbares Mineral und wird in natürlichen Erzlagern abgebaut. Diese sind nur auf einzelne Länder konzentriert, und schadstoffarme Erze gehen in absehbarer Zeit zur Neige.

Die Schweiz verfügt, wie die meisten anderen europäischen Länder, über keine eigenen natürlichen Phosphorvorkommen. Nach seiner Nutzung ist der wertvolle Phosphor jedoch noch immer in den «Abfällen» vorhanden und wäre nutzbar, wenn man ihn dem vom Menschen geschaffenen Lager, dem sogenannten «anthropogene Lager», entziehen könnte.

## Wie Phosphor in die Kläranlage hinein- und hinauskommt

Mit dem Abwasser gelangen phosphathaltige Fäkalien und Urin in die Kläranlage, wo Mikroorganismen die Biomasse abbauen. Die Mikroorganismen sedimentieren und bleiben als phosphorre-

icher Klärschlamm zurück. Früher wurde dieser als Düngerersatz auf die Felder ausgebracht. Seit 2006 ist das in der Schweiz nicht mehr erlaubt, da der Klärschlamm viele Schadstoffe, wie Schwermetalle und immer mehr andere schädliche Stoffe, wie Mikroverunreinigungen, Mikro-Plastik etc. enthält. Schon seit der Zeit vor dem Verbot wird der Zürcher Klärschlamm thermisch mineralisiert. Damit wurde das Vorsorgeprinzip aus dem Umweltschutzgesetz konsequent umgesetzt, um den Schadstoffeintrag bei der direkten Ausbringung des Klärschlammes als Nährstoffträger in der Landwirtschaft zu vermeiden.

## Klärschlamm – Last oder wertvolles Zwischenlager?

Der entstandene Klärschlamm muss also auf anderem Weg entsorgt werden, was Kosten verursacht und Platz benötigt. Andererseits gelangt durch das Verbot der Ausbringung der im Klärschlamm enthaltene Phosphor nicht mehr zurück in den natürlichen Stoffkreislauf.

Als Pionier im sogenannten «Urban Mining» setzt der Kanton Zürich konsequent auf die Rückgewinnung von Wertstoffen aus den Hinterlassenschaften der Gesellschaft. Die Leitidee der Abfall- und Ressourcenwirtschaft des Kantons lautet: «Abfälle sind Rohstoffe».

Bereits 2007 gab der Kanton vor: «Im Sinne einer nachhaltigen Ressourcenwirtschaft ist die Planung zukünftiger Entsorgungswege, insbesondere beim Bau von neuen Anlagen, so auszurichten, dass die (spätere) Rückgewinnung des Wertstoffes Phosphor möglich ist. Die im Klärschlamm enthaltene erneu-



Phosphorhaltige Klärschlammasche nach Verbrennung des zentral verwerteten Klärschlammes.  
Quelle: AWEL

erbare Energie soll, unabhängig vom Ort der Behandlung, wirtschaftlich optimal genutzt werden».

Mit dem Inkrafttreten der VVEA (Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen) am 1. Januar 2016 wurde die Rückgewinnung von Phosphor aus phosphorreichen Abfällen wie beispielsweise Klärschlamm mit einer Übergangsfrist von zehn Jahren vorgeschrieben.

### Einbezug aller Betroffenen

Eine Arbeitsgruppe aus Vertretern aller im Kanton für die Klärschlamm-entsorgung Verantwortlichen kam zum Schluss, dass mit einer zentralen Klärschlammverwertungsanlage (KSV) in unmittelbarer Nähe einer Müllverbrennungsanlage (MVA) oder einer grossen Abwasserreinigungsanlage (ARA) der grösste energetische Nutzen erzielt und gleichzeitig der Anspruch an die künftige Rückgewinnung des Phosphors sowie weiterer wertvoller Ressourcen erfüllt werden könnte.

Weitere Abklärungen ergaben, dass Verfahren mit Rückgewinnung aus der Asche von Klärschlammverbrennungsanlagen den Verfahren mit Phosphorrückgewinnung aus Schlamm und Schlammwasser eindeutig überlegen waren.

2009 wurde beschlossen, den dezentral gefaulten und optimal entwässerten Klärschlamm an einem zentralen Ort zu verbrennen.

### Zentralisiert in der ARA Werdhölzli

2010 fiel die Standortwahl auf das Klärwerk Werdhölzli. Inmitten der Stadt Zürich, mit ihren rund 400 000 Einwohnern, stellte es ökologisch und ökonomisch die beste Lösung für den Kanton Zürich dar. Am Standort gab es bereits eine Infrastruktur und ein genügendes Po-

tenzial zur Energienutzung. Damit waren sowohl Energieverwertung als auch CO<sub>2</sub>-Reduktion optimal möglich. 2013 stimmte das Volk der Stadt Zürich dem Objektkredit zum Bau der neuen zentralen Klärschlammverwertungsanlage auf dem Areal Werdhölzli zu. Zweieinhalb Jahre nach der Abstimmung hat Entsorgung + Recycling Zürich (ERZ) als Betreiber der Anlage für die Stadt Zürich die neue zentrale Anlage mit einer Kapazität von 100 000 Tonnen entwässertem Klärschlamm eingeweiht (Foto Seite 25).

### Klärschlammverarbeitung läuft

Seit August 2015 werden dort rund 85 000 Tonnen gefaulten und entwässertem Klärschlamm pro Jahr aus dem ganzen Kanton energetisch verwertet. Es fallen dabei jährlich rund 13 000 Tonnen phosphorreiche Klärschlammasche an (Foto oben). Dies ergibt eine ungefähre jährliche Phosphormenge aus dem gesamten Zürcher Klärschlamm von 900 Tonnen. Die Asche wird, bis eine Phosphorverwertung im grossen Stil möglich ist, in einer Monodeponie zwischengelagert.

Mit der Realisierung der zentralen Klärschlammverwertungsanlage Werdhölzli in Zürich konnten für die Kommunen die Kosten der Klärschlammbehandlung wesentlich reduziert und die energetische Nutzung aus dem Klärschlamm optimiert werden. Bauliche und betriebliche Änderungen auf den ARA waren nicht notwendig.

### Aus Asche wird Phosphor

Wie aber gewinnt man den reichlich in der Klärschlammasche enthaltenen Wertstoff Phosphor und führt ihn tatsächlich in den Wirtschaftskreislauf zurück?

Seit 2011 hat die Baudirektion mit verschiedenen Partnern nach Lösungsansätzen zur effizienten Phosphorrückgewinnung gesucht. Die Stiftung ZAR entwickelt zurzeit in Zusammenarbeit mit dem spanischen Technologieunternehmen Tecnicas Reunidas ein nasschemisches Verfahren (Phos4Life®), das den Phosphor umweltschonend der Klärschlammasche entzieht und als handelsübliche Phosphorsäure, wie sie auch in Industrieprozessen eingesetzt wird, in den Wertstoffkreislauf zurückführt.

Potenzielle Anwendungsgebiete für die Phosphorsäure sind neben der Düngerproduktion beispielsweise Keramikherstellung, Oberflächenbearbeitung, Biotechnologie und weitere industrielle Prozesse. Verglichen mit den heute

verwendeten, konventionell hergestellten Phosphorsäuren aus geogenem Rohphosphat ist die Umweltbelastung aus der heimischen Klärschlammasche deutlich geringer.

### Heutiger Stand

Im laufenden Pilotbetrieb sollen die bisher vorliegenden Erkenntnisse bis März 2018 bestätigt und vertieft werden. Ziel ist, die industrielle Produktion von reiner, schwermetallfreier Phosphorsäure aus Klärschlammasche marktfähig zu machen.

### Erfolgreiches Urban Mining

In Zukunft kann Phosphor aus der Klärschlammasche mit über 95 Prozent Ausbeute zurückgewonnen und als technisch reines, handelsübliches Produkt vermarktet werden. 90 Prozent der weiteren Wertstoffe können rückgewonnen und dem Stoffkreislauf wieder zugeführt werden. Die nahezu hundertprozentige Verwertung der Klärschlammasche reduziert somit das Deponievolumen entscheidend und bietet weitere überzeugende ökologische Vorteile. Mit der thermischen Klärschlammverwertung und dem neu entwickelten Pos4Life®-Verfahren als zentralem Baustein einer nachhaltigen Phosphor-Mining Strategie können wichtige Stoffkreisläufe geschlossen und Ressourcen geschont werden.

### Verfahrenstechnische Marktanalyse für die P-Rückgewinnung aus Abwasser

Die Fragestellung nach dem passenden technischen Verfahren zur Phosphorrückgewinnung aus dem Abwasserpfad stellt sich für Inhaber von Klärschlamm bzw. Klärschlammaschen in der ganzen Schweiz. In einer durch den Kanton Zürich ins Leben gerufene verfahrenstechnische Marktanalyse (VTMA) wird zurzeit abgeklärt, wie unter Berücksichtigung der jeweilig bestehenden Infrastruktur der Phosphor aus dem Abwasserpfad am besten zurückgewonnen und einer stofflichen Verwertung zugeführt werden kann. Es beteiligen sich die Betreiber der grössten ARAs und Schlammverbrennungsanlagen der Schweiz sowie die mit dieser Fragestellung konfrontierten Fachverbände an der VTMA. Resultate als Basis für zukünftige Investitionsentscheidungen sollten im Spätfrühling vorliegen.