



Phosphor im Klärschlamm – Informationen zur künftigen Rückgewinnung



**Baudirektion
Kanton Zürich**

AWEL Amt für
Abfall, Wasser, Energie und Luft

Diese Chance sollten wir nutzen!

Phosphor wird heute als Rohstoff immer kostbarer. Die abbaubaren Vorkommen sind weltweit begrenzt und gehen in etwa 100 Jahren zur Neige. Eine Tatsache, die zu weitsichtigem Handeln zwingt, denn Phosphor ist ein lebenswichtiger Nährstoff für Mensch und Natur.

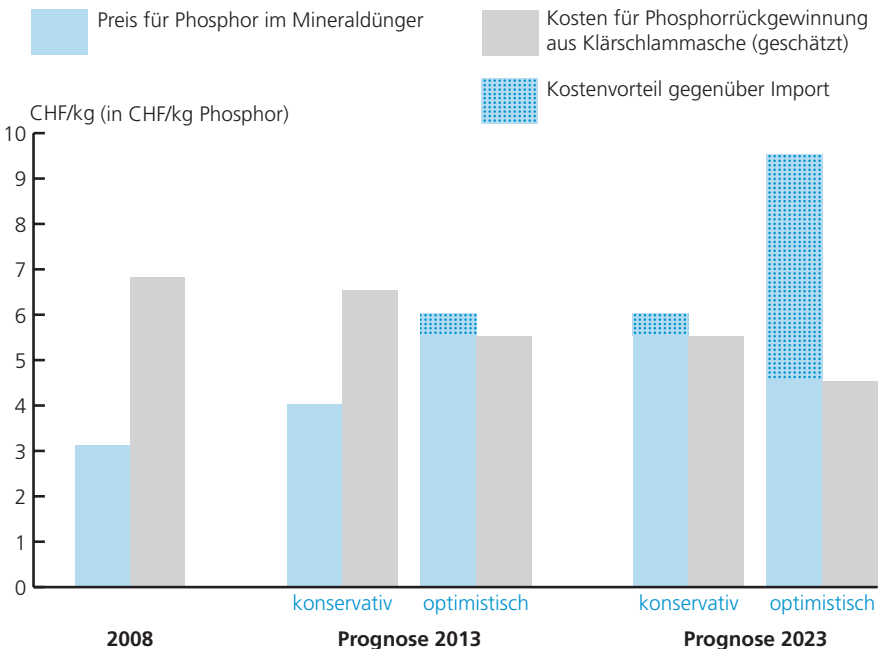
Forschungsprojekte zeigen klar, dass die Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm im grossen Stil möglich ist. Allerdings existieren noch keine grossen Rückgewinnungsanlagen. Doch wird an verschiedenen Orten mit Hochdruck daran gearbeitet und es zeichnet sich ab, dass mittelfristig Phosphor aus Klärschlamm wirtschaftlich zurückgewonnen werden kann.

Bis es so weit ist, kann Phosphor in der Verbrennungsgasche des Klärschlammes auf einfache Art zwischengelagert werden. Im Sinne einer nachhaltigen Ressourcenwirtschaft müssen allerdings die Entsorgungswege für Klärschlamm bereits heute so ausgerichtet werden, dass die spätere Rückgewinnung des Phosphors möglich ist.

Hier erfahren Sie, wie das Ganze funktioniert, welche Fragen sich aus heutiger Sicht stellen und warum sich die Baudirektion des Kantons Zürich dafür einsetzt, dass die Chance genutzt wird. Denn der in den Schweizer Abwasserreinigungsanlagen (ARA) jährlich produzierte Klärschlamm enthält etwa die gleiche Menge Phosphor, wie die Schweiz heute im Mineraldünger importiert.

November 2008

Phosphorpreise



Klärschlamm ist ein interessanter Wertstoff: Er liefert Energie

Klärschlamm wird seit Jahren als Energielieferant genutzt. Durch die Faulung (Vergärung) von Klärschlamm in den Schweizer Abwasserreinigungsanlagen kann wertvolles Biogas gewonnen werden, das für die Strom- oder Wärmeerzeugung Verwendung findet. Wird der Klärschlamm nach der Entwässerung mit Abwärme getrocknet, kann daraus nochmals ein hochwertiger Brennstoff gewonnen werden, der erneuerbare Energie liefert.

Klärschlamm ist noch mehr: Er enthält auch wertvollen Phosphor

Im Klärschlamm stecken stets beträchtliche Mengen an Phosphor. Phosphor ist ein kostbarer, weltweit gefragter Nährstoff für Mensch, Tier und Pflanzen. Die Phosphorvorkommen sind allerdings begrenzt und die weltweiten Lager an Phosphorerzen werden in etwa 100 Jahren vollständig abgebaut sein. Doch Mensch und Natur sind auch dann noch auf Phosphor angewiesen.



Beliebte Nutzung des Klärschlammphosphors in der Landwirtschaft

Um den kostbaren Phosphor und andere Nährstoffe zu nutzen, wurde gefaulter Klärschlamm während mehr als 40 Jahren direkt auf landwirtschaftliche Böden ausgebracht.

Zunehmend mehr Schadstoffe im Klärschlamm verunmöglichen die direkte landwirtschaftliche Nutzung

Eine immer grössere Zahl an schädlichen Substanzen, die aus Betrieben und Privathaushalten ins Abwasser und damit in den Klärschlamm gelangten, stellten in den letzten Jahren eine zunehmende Gefährdung für Mensch und Umwelt dar. Die direkte Nutzung des Klärschlammes in der Landwirtschaft wurde deshalb 2006 auf Bundesebene gesetzlich verboten.



Anhaltendes Interesse der Schweiz an Phosphor aus Klärschlamm

In der Schweiz bestehen keine natürlichen Phosphorvorkommen. Die wichtigste Grösse im Phosphorumsatz unseres Landes ist die Rückführung der Hofdünger und der Ernterückstände in die Landwirtschaft. Zur Versorgung von Mensch und Natur werden aber seit Jahrzehnten grosse Mengen an Phosphor importiert. Untersuchungen haben inzwischen gezeigt, dass die im Klärschlamm gebundene Menge Phosphor pro Jahr etwa gleich gross ist wie die mit Mineraldünger importierte Menge.

Phosphorrückgewinnung aus Asche ist technisch möglich

Versuche in Deutschland und Österreich haben gezeigt, dass es grundsätzlich möglich ist, nach der Verbrennung von Klärschlamm aus der Asche den Phosphor zurückzugewinnen. Dies bedingt allerdings, dass der Klärschlamm nicht mit anderen Abfällen zusammen verbrannt, sondern separat thermisch behandelt wird.



Noch kein wirtschaftlicher Weg für die Phosphorrückgewinnung im grossen Umfang

Bisher befriedigen die technischen Lösungen zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm noch nicht. Bei den realisierten, grosstechnischen Anlagen existiert erst wenig Betriebserfahrung. In mehreren Forschungsprojekten wird zurzeit intensiv an den Grundlagen und der Umsetzung geeigneter Verfahren gearbeitet. Es dürfte nur eine Frage der Zeit sein, bis Wirtschaftlichkeit sowie Energie- und Ökobilanzen für die Rückgewinnung sprechen.

Der kluge Weg über Wertstofflager

Phosphor lässt sich für die zukünftige Rückgewinnung bereits heute aus dem Klärschlamm sicherstellen, ohne dass die Wirtschaftlichkeit schon garantiert sein muss. Die bei der separaten Verbrennung anfallende Asche ist die geeignetste zukünftige Phosphorressource. Eine langjährige Zwischenlagerung in einem separaten Kompartiment einer Reststoffdeponie ist problemlos möglich. Bisherige praktische Erfahrungen mit der Ablagerung von Klärschlamm-Asche liegen vor und sind positiv. Der Phosphor kann bei Bedarf, bei geeigneten Marktbedingungen und Vorliegen zweckmässiger, grosstechnischer Prozesse wieder aus der Asche zurückgewonnen werden.



Häufig gestellte Fragen

Zur Phosphorgewinnung mit Hilfe einer Zwischenlagerung

Warum muss Klärschlamm separat behandelt werden?

Um Phosphor später aus zwischengelagerter Klärschlammasche zurückgewinnen zu können, muss bereits heute verhindert werden, dass die Phosphorgehalte in den Verbrennungsprodukten unnötig verdünnt und die Schadstoffkonzentrationen zusätzlich erhöht werden. Diese Anforderungen erfüllt eine Monoverbrennung des Klärschlammes. Deshalb sind in Zukunft sowohl die Mitverbrennung des Klärschlammes in Zementwerken als auch die Entsorgung in der Kehrlichtverbrennungsanlage (KVA) keine Optionen mehr.

Gibt es heute grosstechnische Anlagen zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlammasche bzw. wann ist damit zu rechnen?

Nein, zurzeit gibt es noch keine Praxiserfahrungen mit grosstechnischen Anlagen. Einzelne Pilotversuche sind bis heute durchgeführt worden. Die Firma ASH DEC z. B. betreibt seit 2008 eine Pilotanlage (4000 t Dünger/a) in Leoben (A). Der phosphorhaltige Recyclingdünger besitzt seit Mai 2006 die Produktzulassung in Österreich. Wann sich die ersten vielversprechenden Resultate in grosstechnischer Anwendung bestätigen lassen, ist zurzeit noch offen.

Viele wichtige Fragen zu möglichen Verfahren sind zurzeit ungeklärt, sodass eine ökologisch-wirtschaftliche Gesamtbeurteilung noch nicht möglich ist. Fragen zu den Anlagewirkungsgraden, Rückgewinnungskosten, Energieverbräuchen, Produktqualitäten, zur Düngerwirksamkeit und zu den Betriebserfahrungen werden darum in mehreren Forschungsprojekten (SUSAN, PASCH, POXNAN, PhoBe etc.) noch genauer untersucht. Mit fundierten Erfahrungen aus ersten grosstechnischen Anwendungen ist aber wahrscheinlich erst in 5 bis 10 Jahren zu rechnen.

Kann die Rückgewinnung aus Klärschlammasche wirtschaftlich betrieben werden?

Die Rückgewinnung von Phosphor lohnt sich, sobald die Kosten für das Recycling der Klärschlammasche abzüglich der Kosten für die zu deponierende Klärschlammasche niedriger sind als der heutige Marktpreis von Phosphordünger.

Zurzeit sind erst vage Aussagen bezüglich der Wirtschaftlichkeit des Phosphorrecyclings möglich. Auch für Verfahren, die vor der grosstechnischen Umsetzung stehen (z.B. ASH DEC-Verfahren), ist die Wirtschaftlichkeit der Rückgewinnung zurzeit noch nicht gesichert. Insgesamt sind die Unsicherheiten betreffend Kosten und Markt noch gross.

Wieso kann nicht Klärschlammasche ohne eine teure thermochemische Behandlung auf die Felder getragen werden?

Klärschlammasche, wie sie bei einer Monoverbrennung anfällt, enthält zwar Phosphor in stark angereicherter Form, was ideal für eine Rückgewinnung ist. Eine direkte Ausbringung solcher Asche auf landwirtschaftliche Flächen kommt aber aus folgenden Gründen nicht in Frage:

- Schwermetalle aus dem Klärschlamm werden bei der Verbrennung in der Asche aufkonzentriert. Die direkte Ausbringung der Klärschlammasche ist nicht zulässig, da sie die Qualitätsanforderungen, die für andere Recyclingdünger (z.B. Kompost) gemäss Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) gelten, deutlich nicht einhalten kann.
- Der Phosphor in der Asche liegt in einer mehrheitlich für die Pflanzen nicht verfügbaren chemischen Form vor und kann von ihnen nur zu einem geringen Anteil aufgenommen werden (geringer Nutzen). Nicht nutzbare Anteile belasten Böden und die Gewässer.

Zu alternativen Konzepten

Wieso stellt die Mitverbrennung in Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) und Zementwerken keine ideale Lösung dar, um Energie und Phosphor zu nutzen?

Diese beiden Optionen genügen den Anforderungen bezüglich der Phosphorrückgewinnung im Regierungsratsbeschluss des Kantons Zürich RRB Nr. 572 vom 18. April 2007 nicht. Beim Einsatz von Klärschlamm im Zementwerk wird der Phosphorgehalt im Zement so weit verdünnt und der Phosphor irreversibel eingebunden, dass er für eine Nutzung nicht mehr zur Verfügung steht.

In der KVA wird der Phosphorgehalt der Asche durch die Vermischung mit anderen Abfällen ebenfalls verdünnt, wenn auch nicht so stark. In der KVA-Schlacke, in der rund 90% des Phosphors aus dem Klärschlamm wiedergefunden werden, sind nur noch Konzentrationen von 0,5% Phosphor vorhanden. Die Klärschlammasche aus Monoverbrennungen enthält dagegen 5 bis 6% Phosphor. Auch kann es in der KVA zu einer zusätzlichen Schwermetallbelastung des phosphorhaltigen Verbrennungsprodukts Schlacke und/oder Asche kommen.

Ist die Phosphorrückgewinnung an der Quelle (Urinseparation) eine in Frage kommende Option?

Ein grosser Teil der Nährstoffe aus dem menschlichen Stoffwechsel gelangt in den Urin, so auch der Phosphor. Es kann deshalb sinnvoll sein, den Urin vom Abwasser zu trennen und daraus Dünger herzustellen. Diese Option wird auf Forschungs- und Entwicklungsstufe untersucht (Novaquatis-Projekt). Ihre Umsetzung ist jedoch schwierig. Als Knackpunkt erweist sich der Transport des Urins. Neue Leitungen zu verlegen oder den Urin mit Lastwagen aus den Kellerspeichern zu einer zentralen Aufbereitung zu transportieren, ist teuer und aufwändig. Ausserdem können bei der Urinbehandlung rund ein Drittel des Phosphors aus privaten Haushalten und aller Phosphor aus Industrie- und Gewerbebetrieben nicht erfasst werden.

Eine allfällige praktische Umsetzung eines solchen Konzepts erfordert grosse Investitionen und lange Umsetzungszeiträume (>50 Jahre). In der Zwischenzeit kann der Phosphor in Klärschlammaschen zwischengelagert oder genutzt werden.

Könnte man den Phosphor nicht direkt bei der Abwasserreinigungsanlage (ARA) zurückgewinnen?

Grundsätzlich ist dies möglich. Der Vorteil: Der so gewonnene Phosphor könnte mit weniger Aufwand zu einem Dünger aufgearbeitet werden. In einem umfangreichen Forschungsprojekt wurde in Deutschland aufgezeigt, dass dies nur bei grösseren Anlagen sinnvoll ist und dass nur eine geringe Anzahl der ARA heute dazu direkt geeignet sind. Im Kanton Zürich ist dieser Weg nur bei den drei grössten ARA möglich. Sie reinigen zusammen ca. 50% des Abwassers. Entscheidend ist, dass mit dem Verfahren in den grossen ARA nur rund 40% des Phosphors zurückgewonnen werden können.

Die Rückgewinnung des Phosphors direkt bei der ARA hat somit einen grossen Nachteil: Die Recyclingquote ist nicht halb so gross wie bei der Rückgewinnung aus der Klärschlammasche. Hier liegt sie bei rund 90%. Bei einer Rückgewinnung des Phosphors aus den ARA können somit im Kanton Zürich total nur 20% des in allen Zürcher ARA anfallenden Phosphors zurückgewonnen werden.

Zu Phosphor und Klärschlamm im Allgemeinen

Wieso ist Phosphor für die Schweiz eine knappe Ressource? Kann er nicht durch einen anderen Stoff ersetzt werden?

Die Schweiz besitzt keine eigenen Phosphorlagerstätten und importiert darum jedes Jahr grosse Mengen Phosphor zur Befriedigung ihres Bedarfs. Bei konstantem Verbrauch werden die weltweit abbaubaren Reserven noch rund 100 Jahre reichen. Steigt der Verbrauch weiterhin an, werden die Vorräte schon deutlich früher erschöpft sein. Damit wird die Abhängigkeit von einzelnen grossen Exportländern wie z.B. Marokko noch stärker werden.

Phosphor ist für Mensch, Tier und Pflanzen ein essenzieller Nährstoff. Der Körper kann Phosphor nicht selbst herstellen. Deshalb muss Phosphor – wie bestimmte Fettsäuren oder Vitamine – mit der Nahrung zugeführt werden. Als Energieträger spielt er eine zentrale Rolle beim Energiestoffwechsel der Zellen und ist ein wichtiger Bestandteil unseres Erbgutes. Er ist ein wichtiger Baustein von Knochen und Zähnen. Bei Phosphormangel sind schlechte Knochen und Zähne, Nierensteine, Gewichtsverlust und Müdigkeit die ersten Folgen. Der Tagesbedarf eines erwachsenen Menschen liegt bei 1,2 bis 1,4 g Phosphor.

Welches sind die wichtigsten Phosphorströme in der Schweiz?

Die Hauptumsätze von Phosphor finden in der Landwirtschaft statt. In den jährlich in der Schweiz produzierten Nahrungsmitteln sind ca. 8000 t Phosphor enthalten. 11 000 t Phosphor werden aus dem Ausland importiert, davon 6000 t als Mineraldünger und 5000 t in Form von Futtermitteln.

Der grösste Anteil am Phosphorkreislauf besteht in der Rückführung von Hofdünger und Ernterückständen (24 000 t). Die Abfälle, die unsere Gesellschaft jedes Jahr produziert, enthalten rund 11 000 t Phosphor.

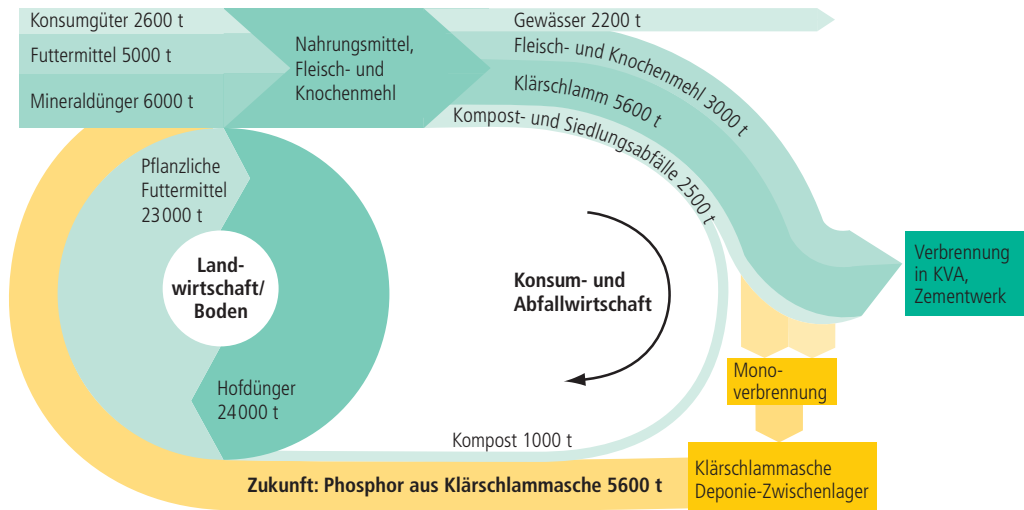
Wie gross ist das Phosphorpotenzial im Klärschlamm im Vergleich zu anderen Phosphorquellen im Abfall?

Neben Phosphor im Klärschlamm schlummern in der Abfallwirtschaft noch weitere nutzbare Phosphorpotenziale. Phosphor ist in grösseren Mengen auch in Knochen- und Fleischmehl enthalten, kleinere Teile finden sich im Kompost und im Kehrlicht. Von der gesamten Phosphorfracht in Abfällen, die in der Schweiz jährlich anfällt (11 000 t), macht der Anteil im Klärschlamm rund die Hälfte aus. Der Anteil in tierischen Abfällen (Fleisch- und Knochenmehl) liegt bei rund 25%, im Kehrlicht 12% und im Kompost 9%; letzterer wird heute bereits genutzt. Mittelfristig muss angestrebt werden, dass der Phosphor aus den tierischen Abfällen auch wieder in den Kreislauf zurückgeführt werden kann.

Die Menge an Phosphor im Klärschlamm des Kantons Zürich beträgt rund 880 t/Jahr.

Für weitere Informationen: www.abfall.zh.ch/dokumente

Weitsichtig: Phosphor rückgewinnen



Auskunft

Baudirektion Kanton Zürich
 AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
 Postfach
 8090 Zürich
 043 259 39 49
 awel@bd.zh.ch
 www.abfall.zh.ch/dokumente