

HTC-Verfahren zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm

Projektdauer 2020
Projektteam G. Gerner, T. Keller, L. Meyer und R. Wanner,
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Wädenswil

Ausgangslage

Phosphor ist ein essenzieller Pflanzennährstoff, welcher durch die Herstellung aus Phosphaterzen eine erhebliche Umweltbelastung darstellt. Neben riesigen Abbaugebieten hinterlässt die Herstellung von Phosphorsäure aus dem Phosphaterz hunderte Millionen Tonnen an teils radioaktivem Phosphorgips (Hermann, 2009). In Triple Superphosphat wurde in einer Studie des Braunschweiger Bundesforschungsinstituts für Kulturpflanzen JKI 52 – 232 mg/kg Uran festgestellt (Hermann, 2009), welches über die Düngung in den Boden gelangt und dort zu einer erhöhten Belastung führen kann. Recycling-Phosphor aus biologischen Abfällen und Klärschlamm bietet eine nachhaltige Alternative und kann langfristig zur Schonung der Phosphorreserven beitragen und der Herstellung eines belastungsfreien Pflanzendüngers.

Klärschlamm war für Jahrzehnte eine wichtige Düngerquelle in der heimischen Landwirtschaft. Durch die Belastung von Schwermetallen, Krankheitserregern und schwer abbaubaren organischen Verbindungen wurde die Stoffverordnung per 1. Mai 2003 angepasst und das Ausbringen von Klärschlamm ab dem 1. Oktober 2006 gänzlich untersagt. Seit 2006 enden jährlich rund 5'600 Tonnen Phosphor ungenutzt in der Asche von Verbrennungsanlagen (KVA, SVA) oder Zementwerken (AWEL, 2008). In den letzten Jahrzehnten wurden verschiedene Verfahren zur Phosphorrückgewinnung entwickelt, von welchen nur wenige grosstechnisch realisiert wurden.

Im vorliegenden Projekt wird der Prozess der hydrothermalen Karbonisierung (HTC) zur stofflichen und energetischen Nutzung von Klärschlamm untersucht. HTC ist ein thermochemisches Verfahren, welches die Umwandlung von nassen, organischen Ausgangsmaterialien in eine energiereiche Kohle ermöglicht. Diese kann als alternativer Brennstoff verwendet werden. Der Prozess der Karbonisierung findet in einer wässrigen Lösung unter erhöhter Temperatur (180 – 250 °C) und entsprechendem Dampfdruck statt. Das dabei entstehende Kohleprodukt, auch HTC-Kohle genannt, weist eine hydrophobe Eigenschaft auf und kann somit energieeffizient vom Wasser separiert werden. Verglichen zur herkömmlichen Trocknung von Klärschlamm, kann durch diesen Prozess über 50% an thermischer und elektrischer Energie eingespart werden. Die CO₂-Einsparung bei der Verbrennung der Kohle, führt bei den Zementwerken zu einer Erhöhung des Substitutionsgrades von fossilen Brennstoffen. Des Weiteren verbleiben mineralische Komponenten des Klärschlammes grösstenteils in der Kohle und können bei der Herstellung des Klinkers wiederum stofflich genutzt werden.

Projektziele

Die Ziele dieses Projektes sind es, Klärschlamm stofflich zu nutzen und zusätzlich einen **alternativen Brennstoff mit einem hohen mineralischen Anteil** zu generieren. Die hydrothermale Karbonisierung verfügt hierfür über zwei potenzielle Vorteile gegenüber konventionellen Verfahren der Phosphor-Rückgewinnung. Sie ermöglicht zum einen die **Rückgewinnung von Pflanzennährstoffen (Phosphor und Stickstoff) aus nassem Klärschlamm und verbessert gleichzeitig dessen Entwässerbarkeit**. Zudem kann damit ein **Brennstoff mit reduziertem Schwefel- und Stickstoffgehalt** erzielt werden, der in Zement- und Heizkraftwerken verwendet werden kann und somit als CO₂-neutraler Brennstoff bestehende fossile Energieträger substituiert.

Stoffliche Verwertung:

- Rückgewinnung von Phosphor und Stickstoff
- Nutzung der mineralischen Fracht in der Klinkerherstellung

Energetische Verwertung:

- Verwendung der Kohle als alternativer Brennstoff

Ein weiteres Ziel dieser Machbarkeitsstudie ist es eine möglichst **hohe Rückgewinnungsrate des Phosphors gegenüber anderen Klärschlamm-Verfahren unter reduziertem Einsatz von Säuren** zu ermöglichen. Herkömmliche Verfahren zur Phosphorrücklösung aus nassem Klärschlamm zeigen je nach Säureinsatz (Kohlensäure, Schwefelsäure, etc.) einen mittleren bis guten Wirkungsgrad von 40 - 80%. Demgegenüber stehen nasschemische Aufschlüsse von Klärschlammasche, welche mit über 90% Rückgewinnungsrate den höchsten Phosphorertrag erzielen. Bei Letzteren wird der Klärschlamm verbrannt und es gehen Nährstoffe wie Stickstoff über die Gasphase verloren. Die Trocknung des Klärschlammes ist hierbei sehr energieaufwändig. Im HTC-Prozess kann direkt nasser Klärschlamm verarbeitet werden, was Energie einspart und der Stickstoff kann im Endprodukt zurückgewonnen werden. Zusätzlich zur Nährstoffrückgewinnung werden die Kosten und die Einbettung ins bestehende Entsorgungsumfeld untersucht.