

## **Forschungsberichtsblatt für BWT 24004 „Systematische Untersuchungen zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlammaschen unter besonderer Berücksichtigung von Feuerungsparametern“**

### 1. Kurzbeschreibung des Forschungsergebnisses

Das Verhalten anorganischer Brennstoffinhaltsstoffe und die Vorgänge bei der Aschebildung von Klärschlamm während der Verbrennung wurden bislang noch nicht eingehend untersucht. Insbesondere Umwandlungsvorgänge des im Klärschlamm enthaltenen Phosphors bei einer thermischen Behandlung wurden hinsichtlich einer eventuellen Phosphorrückgewinnung noch nicht vertieft betrachtet. Deshalb wurden für die im Rahmen dieses Forschungsvorhaben im Technikumsmaßstab durchgeführten Verbrennungs- und Vergasungsversuche verschiedene Klärschlämme ausgewählt und untersucht. Dabei wurden durch entsprechende Auswahl der Klärschlämme gezielt die Eisengehalte der Klärschlämme variiert und auch ein Bio-P-Klärschlamm untersucht.

Die Klärschlämme wurden nachfolgend in einer Wirbelschichtanlage unter stationären Bedingungen verbrannt bzw. vergast und die Rückstände einer umfangreichen Analytik unterzogen.

Über das ursprünglich geplante Untersuchungsprogramm hinaus, wurden noch weitere Untersuchungen mit den Verbrennungs- und Vergasungsrückständen mit dem Ziel durchgeführt, durch thermische Schwermetallentfrachtung und Zugabe von festem Kalziumchlorid phosphorhaltige, schwermetallarme Düngemittel herzustellen. Um Verbrennungs- und Vergasungsrückstände für diese Versuche zur thermischen Schwermetallentfrachtung bereitstellen zu können, wurde exemplarisch ein Klärschlamm in der stationären Wirbelschichtanlage verbrannt bzw. vergast und in den Verbrennungsversuchen zusätzlich auch Kalk bzw. Dolomit als Additiv eingesetzt.

### 2. Welche Fortschritte ergeben sich in Wissenschaft und/oder Technik durch Ihre Forschungsergebnisse?

Als phosphorhaltiges Hauptmineral in allen Rückständen wurde - unabhängig vom Klärschlamm und den Thermischen Behandlungsverfahren (Verbrennung/Vergasung) - mittels Röntgen-Pulverdiffraktometrie XRD mit Whitlockit ein überwiegend Kalzium-, Phosphor- und Eisen-haltiges Mineral detektiert.

Als weitere mineralische Aschebestandteile konnte bei einer Klärschlammasche aus der Verbrennung (Luftüberschuß, oxidierende Bedingungen) eines Klärschlammes mit einem hohen Eisen/Phosphor-Verhältnis Eisenoxid in Form von Hämatit detektiert werden. Bei einem Klärschlamm mit niedrigem Eisen/Phosphor-Verhältnis konnte im Gegensatz dazu kein Hämatit in der Asche nach einer Verbrennung nachgewiesen werden.

Die Analysen der unterschiedlichen Aschen zeigen, dass die angewendete Technik der Phosphorelimination nur einen geringen Einfluss auf die mineralogische Zusammensetzung der Aschen ausübt.

Ein Vergleich der Aschen aus der Verbrennung und Vergasung ergab, dass die mineralischen phosphorhaltigen Aschebestandteile der Aschen weitgehend unabhängig vom Verfahren der thermischen Behandlung sind. Bezüglich der eisenhaltigen Mineralphasen konnte bei einem Klärschlamm mit hohem Eisen/Phosphor-Verhältnis in der Asche aus der Verbrennung im Gegensatz zu der Asche aus der Vergasung Hämatit detektiert werden.

Die Rückstände aus den Vergasungs- und Verbrennungsversuchen können wegen ihrer zu hohen Schwermetallgehalte nicht direkt als Düngemittel eingesetzt werden. Als eine effiziente Methode zur Schwermetallreduktion bei den Rückständen aus den Verbrennungs- und Vergasungsversuchen erwies sich im Rahmen dieses Forschungsvorhabens die thermische Schwermetallentfrachtung. Für einen Einsatz der Proben als Düngemittel nach einer thermischen Schwermetallentfrachtung äußerst positiv zu bewerten ist, dass Phosphor in allen Proben nach der thermischen Schwermetallentfrachtung nahezu vollständig zitratlöslich vorliegt.

Als ein weiteres Ergebnis der Versuche zur thermischen Schwermetallentfrachtung bleibt festzuhalten, dass sich die Schwermetalle Zink, Kupfer, Blei und Zinn bereits in Luftatmosphäre und festem  $\text{CaCl}_2$  als Chlordonator in die Gasphase überführen lassen.

Die Elemente Arsen, Chrom und Nickel in die Gasphase zu überführen erfordert deutlich größeren Aufwand. Insbesondere die Chlorzugabe als gasförmiges  $\text{Cl}_2$  unter Stickstoffatmosphäre ist für eine Überführung von Arsen, Chrom und Nickel in die Gasphase positiv zu bewerten.

### 3. Welche Empfehlung ergibt sich aus dem Forschungsergebnis für die Praxis?

Die Analysen der unterschiedlichen Aschen zeigen, dass die angewendete Technik der Phosphorelimination nur einen geringen Einfluss auf die mineralogische Zusammensetzung der Aschen ausübt.

Weiterhin konnte durch die Analysen gezeigt werden, dass die Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammaschen der erweiterten biologischen Phosphorelimination nicht wesentlich vereinfacht ist. Die Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammaschen ist vor diesem Hintergrund - im Gegensatz zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm - als weitgehend unabhängig von den eingesetzten Verfahren der Phosphorelimination zu sehen. Eine logistisch aufwendige, getrennte Sammlung und Thermische Behandlung von Klärschlämmen ist deshalb nicht zielführend. Eine Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammaschen bei gleichzeitiger Schwerpunktbildung und Konzentration auf große Kläranlagen, beispielsweise in Ballungsräumen, ist somit möglich und sinnvoll.

Für die Produktion von Düngemittel aus den Verbrennungs- und Vergasungsrückständen ist die thermische Schwermetallentfrachtung ein positiv zu bewertendes Verfahren. Das Verfahren wirkt sich einerseits positiv auf die Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors in den Proben aus andererseits sind insbesondere die Gehalte an Zink, Kupfer, Blei und Zinn in dem festen Rückständen nach einer thermischen Behandlung bis auf Werte deutlich unter die entsprechenden Grenzwerte der Düngemittelverordnung reduziert.