

Abb.1: Die sprühgranulierten, pflanzenverfügbaren Dünger können direkt auf dem Feld ausgebracht werden.

Klärschlamm: Schadstoff- und Rohstoffquelle zugleich

Thermische Klärschlammverwertung als Grundlage für das Recycling der lebensnotwendigen Ressource Phosphor



Keywords

- Klärschlamm
- Phosphorrecycling
- Wirbelschichttrocknung
- Wirbelschichtgranulation

Klärschlamm ist der Abfall der Abwasserbehandlung, in dem Schadstoffe konzentriert werden. Neben Schadstoffen filtern sie auch Phosphor aus dem Abwasser. Ein Überangebot an Phosphaten führt zur Eutrophierung von Bächen, Flüssen und Seen und letztlich zum Gewässersterben. Dass Phosphor wegen seiner gravierenden Folgen für das aquatische Ökosystem bei der Abwasserbehandlung herausgefiltert wird, macht Klärschlamm wiederum zu einer wichtigen Rohstoffquelle. Es ist diese Ambivalenz aus Schadstoff- und Rohstoffquelle, die zum Nachdenken über alternative Entsorgungswege geführt hat. Eine solche ist die Klärschlamm-Monoverbrennung.

Die thermische Klärschlammverwertung trägt dem Willen des Gesetzgebers Rechnung, künftig keine belasteten Klärschlämme mehr in der Landwirtschaft einzusetzen, und schafft die Voraussetzungen für das Recycling des begrenzten und lebensnotwendigen Rohstoffs Phosphor.

Die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm ist nach wie vor eine gängige Entsorgungsmethode für Klärschlamm. Nach einer Vorbehandlung und gegebenenfalls einer Hygienisierung wird dieser auf den Feldern ausgebracht, um mit dem enthaltenen Phosphor und Stickstoff den Boden zu düngen. In die Kritik geraten ist diese Form der stofflichen Klärschlammverwertung, weil damit all jene Stoffe wieder unkontrolliert in die Umwelt gelangen, die zuvor mühsam aus dem Abwasser herausgefiltert wurden.

Ressourcenschutz durch Phosphorrecycling

Phosphor ist nicht synthetisch herstellbar. Die Menschheit ist auf jenen Phosphor angewiesen, den die Erde ihr bietet. Es ist daher ein glücklicher Umstand, dass sich Phosphor unendlich oft recyceln lässt und damit eine Rückgewinnung des wertvollen Rohstoffs aus Sekundärquellen ermöglicht.

Wissensstand heute ist, dass die Monoverbrennung von Klärschlamm das größte Rückgewinnungspotenzial für Phosphor hat. Bei der thermischen Behandlung werden die im Klärschlamm enthaltenen organischen Schadstoffe sicher zerstört. Denn Klärschlamm-Monoverbrennungsanlagen (KVA) werden bei vergleichsweise hohen Temperaturen zwischen 850 und 950 °C betrieben. Der Phosphor lässt sich anschließend aus

der Klärschlammasche zurückgewinnen, bspw. mit Hilfe des nasschemischen Verfahrens PHOS-4green. Damit ist es möglich, mehr als 90 % des in der Asche enthaltenen Phosphors zurückzugewinnen. Die sehr gute Ausbeute ist einerseits auf die hohe Konzentration des Phosphors in der Asche und andererseits auf den überschaubaren Anteil an Verunreinigungen zurückzuführen. Würden alle Klärschlämme in Deutschland in Monoverbrennungsanlagen entsorgt, kämen bundesweit etwa 66.000 t Phosphor zusammen. Damit könnte der landwirtschaftliche Bedarf an mineralischen Phosphor in Deutschland zu 61 % gedeckt werden.

Referenzmodell für eine Klärschlamm-Monoverbrennungsanlage

Im niedersächsischen Helmstedt ist die erste der aktuell fünf geplanten Klärschlamm-Mono-

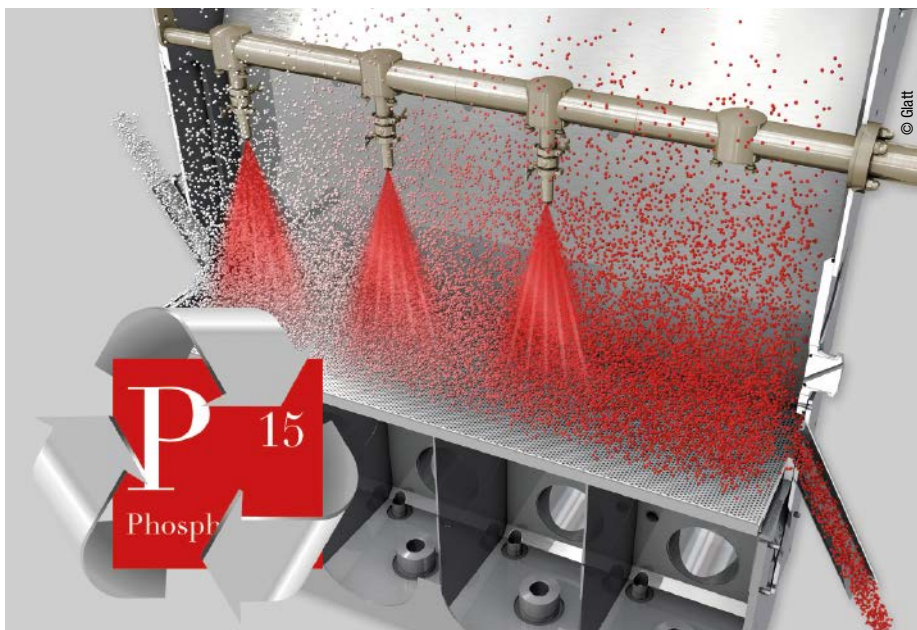


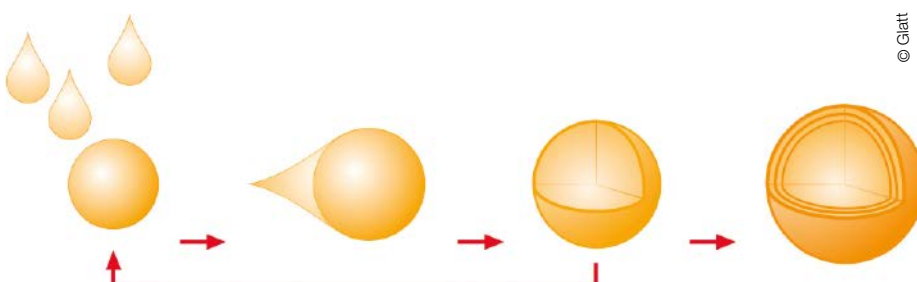
Abb. 2: Kontinuierlicher Wirbelschichtprozess: Partikelform, -aufbau und -größe sind durch die Vereinigung der Prozessschritte konvektive Trocknung und Partikelbildung nahezu frei definier- und produzierbar.

verbrennungsanlagen (KVA) im Herbst 2022 in Betrieb gesetzt worden. Sie hat die Kapazität für rund ein Fünftel der kommunalen Klärschlämme Niedersachsens. Die phosphathaltigen Aschen der KVA Helmstedt wurden von der Firma Seraplant nach dem PHOS4green-Verfahren recycelt. Die Recyclingkapazität der Anlage ist ausreichend für das Ascheaufkommen von drei KVA, aus denen jährlich bis zu 60.000 t pflanzenverfügbare Dünger für die Landwirtschaft hergestellt werden können.

Neben Helmstedt entstehen Klärschlamm-Monoverbrennungsanlagen in Magdeburg, Stapelfeld nordöstlich von Hamburg, im mecklenburgischen Stavenhagen sowie im niederländischen Delfzijl. Die Verbrennungstechnologie aller Anlagen ist die stationäre Wirbelschichtfeuerung. Sie ist wegen des intensiven Wärme- und Stoffaustauschs besonders geeignet für niederkalorische Brennstoffe und kann sowohl ausgefallene, entwässerte Klärschlämme im Bereich von 21 bis 27 % Trockensubstanz (TS), als auch vollgetrocknete Klärschlämme mit einem TS-Gehalt größer als 85 % thermisch behandeln. Die Anlagen sind an die regionalen Bedürfnisse angepasst. Sie basieren auf einer entwickelten Referenzanlage mit einer Kapazität von 160.000 t OS pro Jahr. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Annahme von entwässerten

Klärschlämmen. Die Verarbeitung von vollgetrockneten Klärschlämmen (> 85 % TS) spielt nur eine untergeordnete Rolle.

Die Herausforderung bei der Monoverbrennung ist der vergleichsweise hohe Energieaufwand und die damit verbundenen höheren Betriebskosten. Diese Betriebskosten können jedoch dadurch gesenkt werden, dass die bei der thermischen Verwertung des Klärschlammes erzeugte Energie genutzt wird. Das Referenzmodell verfügt dafür über einen Abhitzekeessel, in dem die bei der Verbrennung freiwerdende Wärme in Dampf umgewandelt wird. Ebenfalls kostendämpfend wirkt sich die Integration in einen bestehenden Kraftwerksstandort aus, bspw. mit einer thermischen Abfallbehandlungsanlage. Synergieeffekte entstehen bei der Prozessüberwachung, der Logistik, der Betriebsmittelbeschaffung. Ferner besteht die Möglichkeit, den Klärschlamm mit Niederdruckdampf aus der Abfallbehandlungsanlage zu trocknen sowie das bei der Klärschlamm-trocknung anfallende Brüdenkondensat entweder in der Abfallverbrennungsanlage zu verbrennen oder es als Substitut für Ammoniakwasser in die Rauchgasreinigung zur Entstickung einzudüsen. Ein Verfahren, das am Standort Hannover bereits erfolgreich eingesetzt wird.



Monoverbrennung und Klärschlamm-Asche

Bei der Monoverbrennung wird der Klärschlamm ohne den Zusatz anderer Brennstoffe thermisch verwertet. Nur so kann der Phosphor anschließend aus den Verbrennungsrückständen zurückgewonnen werden. Technisch hat sich dabei die stationäre Wirbelschicht als das am besten geeignete Feuerungsverfahren durchgesetzt. Das dazu entwickelte Referenzmodell für eine Klärschlamm-Monoverbrennungsanlage wird zurzeit an fünf Standorten realisiert.

Hochleistungsdünger aus Klärschlamm-Asche

Das patentierte Verfahren PHOS4green, ist geeignet, die Lücke im Phosphorkreislauf zu schließen, indem es das Phosphorrecycling mit dem Herstellungsprozess für neuen Dünger verbindet und zu direkt vertriebsfähigen Produkten führt (Abb. 1). Damit steht ein wirtschaftliches, ökologisches, flexibles und einfaches Verfahren zur Herstellung verschiedener, standardisierter Düngemittelgranulate aus phosphorhaltigen Sekundärrohstoffen wie Klärschlamm-Aschen zur Verfügung. Die resultierenden Qualitätsdüngemittel sind am Markt stark nachgefragte hochwertige Produkte. Diese sind in der Land- und Forstwirtschaft sowie im Gartenbau zur Anpassung des Nährstoffangebots für die angebauten Kulturpflanzen über die bisherigen Anwendungstechnologien einsetzbar. Mit dem Verfahren können die Rohstoffkomponenten durch die Trennung von Phosphatumsatzreaktion und Granulationsprozess perfekt homogenisiert werden.

Aufschluss der Phosphatquelle

Um die Umwandlungsreaktion einzuleiten, wird aus der phosphathaltigen Asche mit einer Säure eine Suspension hergestellt. Dieser Schritt ist notwendig, um die aschebasierten Nährstoffe pflanzenverfügbar zu machen. Je nach Anwendungsziel können Wasser und weitere feste oder flüssige Nährstoffkomponenten, auch zusätzliche Phosphatquellen, zugesetzt werden. Erst die anschließende Sprühgranulation veredelt das aufgeschlossene Phosphat zu einem marktfähigen Produkt (Abb. 2).

Sprühgranulation in der Wirbelschicht

Die Wirbelschichttechnologie zählt zu den Leitverfahren bei partikelbildenden Prozessen und

Abb. 3: Die Sprühgranulation in der Wirbelschicht erlaubt die Trocknung von Flüssigkeiten bei gleichzeitigem, schichtweisem Aufbau von staubfreien Granulaten.

Wie funktioniert eine Klärschlamm-Monoverbrennungsanlage?

Schema der Verfahrenstechnik am Beispiel der geplanten KVA Stapelfeld.

Eine Beschreibung des Verfahrens-

- 1 Anlieferhalle (geschlossen)
- 2 Abkippbunker
- 3 Stapelbunker
- 4 Bunkerabsaugung
- 5 Schubböden
- 6 Störstoffseparator
- 7 Kontakttrockner
- 8 Rohrleitung zum MHKW (Brüden)
- 9 Rohrleitung zur Brüdenbehandlungsanlage (optional)
- 10 Rohrleitung zur KVA (Brüden)
- 11 Primärluftgebläse
- 12 Wirbelschichtfeuerung
- 13 Abhitzekeessel
- 14 Dampftrömmel
- 15 Primärscheffilter
- 16 Wärmeverschiebungssystem
- 17 saurer Wäscher
- 18 alkalischer Wäscher
- 19 Saugzugaerbläse
- 20 Schalldämpfer
- 21 Schornstein
- 22 Silo Primärsche KVA
- 23 Brüdenbehandlungsanlage

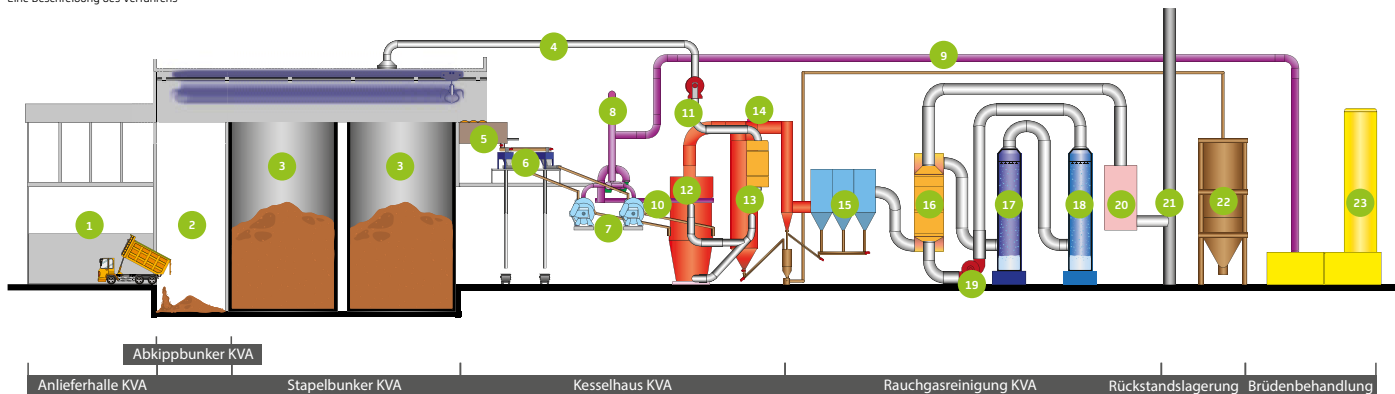


Abb.5: Skizze der Klärschlamm-Monoverbrennung bei KVA Helmstedt

© EEW

eignet sich hervorragend für die wirtschaftliche Herstellung maßgeschneiderter Dünger. Eine Wirbelschicht entsteht, wenn die nach oben gerichtete Prozessluft eine Schicht aus Feststoffpartikeln anhebt und fluidisiert. Die Prozessluft dient zur Erzeugung des Wirbelschichtzustandes und liefert gleichzeitig die für die Partikelproduktion benötigte Wärmeenergie. Neben der thermischen Behandlung von Feststoffen werden Wirbelschichtprozesse für Trocknungsaufgaben eingesetzt, um Granulate aus Pulvern (Sprühagglomeration) oder Flüssigkeiten (Sprühgranulation) zu bilden und Partikel zu beschichten (Sprüh-Coating). Alle Partikel werden in der Wirbelschicht intensiv vermischt und einer gleichmäßigen Prozessstemperatur ausgesetzt. Auf diese Weise lassen sich auch temperat

aturempfindliche Materialien schonend behandeln. Parameter wie Granulatgröße, Restfeuchte und Feststoffgehalt können gezielt beeinflusst werden, um eine Vielzahl von ganz bestimmten Produkteigenschaften zu erreichen. Bei der Sprühgranulation in der Wirbelschicht werden Flüssigkeiten in staubfreie Granulate mit kompakter, homogener Struktur und dichter Oberfläche sowie hoher Abriebfestigkeit verwandelt. Bei PHOS4green ist diese Flüssigkeit eine Phosphatsuspension. Das Gemisch aus festen und flüssigen Komponenten in dieser Suspension wird in die Prozesskammer eines Wirbelschichtapparates gesprüht. Durch den hohen Wärmeaustausch verdunsten bzw. verdampfen die wässrigen oder organischen Lösemittel sofort und die Feststoffe bilden kleine Partikel als Trägerkerne. Diese werden mit weiterer Flüssigkeit benetzt, die wiederum nach der Trocknung einen festen Mantel um den Trägerkern bilden. Dieser Vorgang wiederholt sich. Die Granulate wachsen dabei schichtweise und homogen. Es ist keine separate Zuführung von Rohstoffen erforderlich (Abb. 3). Durch den schichtweisen Aufbau entstehen so feste, kompakte und runde Vollkugeln (= Granulate) mit zwiebelartiger Struktur. Der Prozess der Sprühgranulation ermöglicht ein hohes Maß an Flexibilität, da Partikel aus verschiedenen Feststoffschichten gebildet, Kerne beladen und beschichtet werden können. Sobald die Sollgröße der Düngerkörnchen erreicht ist, wird das Produkt ausgetragen und kann direkt verpackt, vermarktet und dosiert werden.

Mehrnährstoffdünger aus angepassten Rezepturen

Durch Sprühgranulation in der Wirbelschicht können neben Einzelnährstoffdüngern über eine angepasste Rezeptur auch verschiedenste Mehrnährstoffdünger (z.B. NP, PK und NPS) hergestellt werden. Im Vergleich zu anderen Recyclingverfahren zur Phosphatrückgewinnung, die erhebliche Abfallmengen produzieren, ist das PHOS4green-Verfahren zu 100% abfallfrei. Die Asche wird vollständig verwertet.

Die Autoren



Andreas Dous,
Leiter Klärschlammverwertung und Reststoffe, EEW Energy from Waste



Jan Kirchof,
Head of Sales, Glatt Ingenieurtechnik



Abb. 4: Die KVA Helmstedt: Mit einer Kapazität von 160.000 t OS erzeugt sie rund 15.000 t phosphathaltige Asche. Sie wird in den vorderen beiden roten Silos für das spätere Phosphorrecycling gespeichert.

© EEW

Wiley Online Library



EEW Energy from Waste GmbH, Helmstedt
Tel.: +49 5351 18-3713
andreas.dous@eew-energyfromwaste.com
www.eew-energyfromwaste.com/de

Glatt Ingenieurtechnik GmbH
Tel.: +49 3643 47-1600
jan.kirchof@glatt.com
https://phos4green.glatt.com