

Technisches Programm

Agglomerationsrisiken in der Klärschlammverbrennung früh erkennen und gezielt steuern





Inhalt

1	Motivation / Hintergrund.....	3
2	Erkenntnisgewinn	5
3	Leistungen der beauftragten Dienstleister	7
3.1	RWE Power	7
3.2	DBI-Virtuhcon GmbH / TU Freiberg, Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (IEC)	8
4	Rahmenbedingungen	9
4.1	Teilnahmebedingungen	9
4.2	Laufzeit	9
4.3	Sonstiges	9
5	Teilnahmegebühr	10
6	Compliance	11
7	Ansprechpartner	12



1 Motivation / Hintergrund

Die thermische Behandlung kommunaler Klärschlämme gewinnt in Deutschland infolge der novellierten Klärschlammverordnung und der künftig verpflichtenden Phosphorrückgewinnung weiter an Bedeutung. Da viele Rückgewinnungsverfahren auf Klärschlammaschen aus der Monoverbrennung aufbauen, sind eine hohe Verfügbarkeit der Verbrennungsanlagen und eine definierte Aschequalität zentrale Voraussetzungen für eine sichere Entsorgungs- und Recyclinginfrastruktur.

In der Klärschlamm-Monoverbrennung (KSMV) ist die stationäre Wirbelschicht ein etabliertes Verfahren. Die Betriebstemperaturen liegen typischerweise im Bereich von etwa 850 bis 900°C. Höhere Temperaturen können jedoch zu Aschesintern und Versinterungen führen.

Hier rückt die Minderung von Lachgasemissionen zunehmend in den Fokus. Lachgas ist ein besonders klimawirksames Treibhausgas mit langer atmosphärischer Verweilzeit, weshalb bereits geringe N_2O -Emissionen klimaschutzrelevant sind. Eine mögliche Maßnahme zur Verringerung der Lachgasbildung ist die Erhöhung der Ofentemperatur auf über 900 °C. Genau hier entsteht jedoch ein betrieblicher Zielkonflikt: Höhere Temperaturen können die N_2O -Bildung reduzieren, erhöhen aber zugleich das Risiko von Wirbelschichtagglomerationen.

Agglomerationen entstehen u.a., wenn Klärschlammasche niedrigschmelzende Phasen bilden, die das Bettmaterial umlagern und anschließend versintern bzw. verkleben. Dies kann die Fluidisierung verschlechtern und im ungünstigsten Fall zu Betriebsstörungen oder Anlagenstillständen führen. Das Agglomerationsverhalten wird wesentlich durch die chemische Zusammensetzung der Asche, die Temperatur, die Luftführung, die Korngröße und die Verweilzeit beeinflusst. Besonders relevant sind dabei die Hauptelemente bzw. Oxidanteile der Klärschlammasche.

An der TU Bergakademie Freiberg bzw. beim DBI-Virtuhcon wurde ein Laborverfahren auf Basis des Druckverlustes entwickelt, das neben Zusammensetzung und Temperatur auch Strömungsbedingungen und Verweilzeit berücksichtigt. Damit steht ein Ansatz zur Verfügung, der die Randbedingungen einer Wirbelschicht besser abbildet als rein festigkeitsbasierte Methoden.

Vorlaufende Untersuchungen von RWE legen nahe, kommunale Klärschlämme bzw. Klärschlammaschen anhand ihrer chemischen Zusammensetzung in vier Klassen einzuteilen: eisenreich (Fe-reich), intermediär, aluminiumreich (Al-reich) und solche mit gleichzeitig geringen



Aluminium- und Eisengehalten (Al-Fe-arm). Eisenreiche Aschen werden mit einem hohen Agglomerationsrisiko, intermediäre Aschen mit einem mittleren Risiko und aluminiumreiche bzw. Al-Fe-arme Aschen mit einem geringeren Risiko verbunden (s. Abbildung 1).

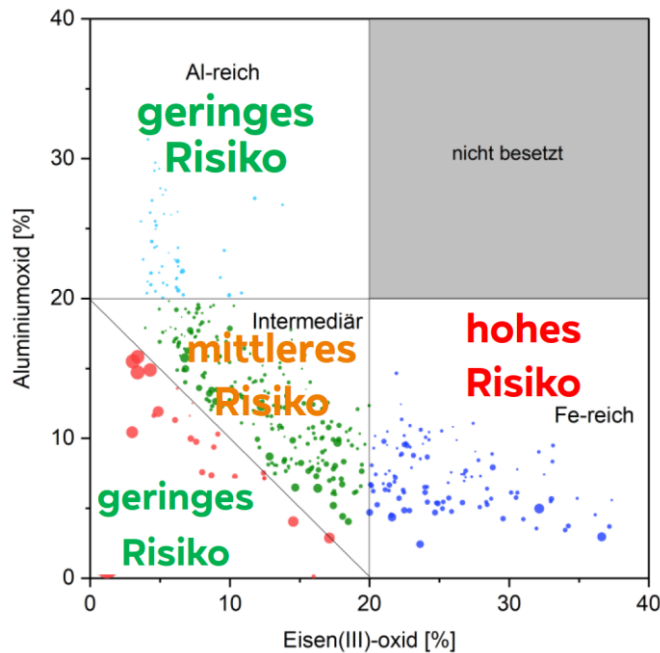


Abbildung 1: Vorläufige Klasseneinteilung von Klärschlammaschen hinsichtlich ihres Agglomerationsrisikos.

Bisher wurde das Freiburger Verfahren vor allem an intermediären Aschen erprobt. Für eine belastbare Anwendung im Anlagenbetrieb fehlt insbesondere die systematische Verifizierung Fe-reicher und Al-reicher Aschen. Das technische Programm zielt deshalb darauf ab, Bett- und Filteraschen aus verschiedenen Klärschlamm-Monoverbrennungsanlagen zu untersuchen und daraus eine belastbare Klassifizierung der Agglomerationsneigung abzuleiten.

Diese Einteilung ist für den Betrieb besonders relevant, weil die Aschezusammensetzung stark durch die Herkunft der Klärschlämme und die eingesetzten Fällmittel beeinflusst wird. Mit der in diesem technischen Programm gewonnenen Erkenntnis sowie mindestens einer stofflichen Oxidanalyse je anlieferndem Klärwerk ist eine zweckmäßige Grundlage für das jeweils eigene Klärschlammmanagement gegeben. Konkret können dann diese aus der Oxidanalyse gewonnenen mittleren monatlichen — gegebenenfalls wöchentlichen — Zusammensetzungen in einem praxisnahen Indikator für die Agglomerationsneigung zusammengefasst werden. Dieser Ansatz ist gegenüber einer schwer umsetzbaren, gezielten Herstellung optimaler Klärschlamm-mischungen im großtechnischen Betrieb leichter zu realisieren.



2 Erkenntnisgewinn

Durch die geplanten Untersuchungen wird eine praxisnahe Bewertungsgrundlage für die Agglomerationsneigung von Klärschlammaschen in der Wirbelschicht geschaffen. Im Mittelpunkt steht die experimentelle Überprüfung, ob sich Bett- und Filteraschen aus Klärschlamm-Monoverbrennungsanlagen anhand ihrer chemischen Zusammensetzung belastbar in Risikoklassen einteilen lassen.

Hierzu werden insbesondere Fe-reiche, intermediäre, Al-reiche und Al-Fe-arme Aschen untersucht. Die Ergebnisse sollen zeigen, in welchem Maß die Oxidzusammensetzung — insbesondere die Anteile an Eisen- und Aluminiumoxid — die Agglomerationstemperatur beeinflusst und ob die bisher postulierte Risikoeinstufung für reale Anlagenaschen bestätigt werden kann.

Die wichtigsten Erkenntnisse des technischen Programms sind:

- **Bestimmung der Agglomerationstemperaturen** unterschiedlicher Klärschlammaschen unter definierten Wirbelschichtbedingungen.
- **Validierung der Ascheklassen** Fe-reich, intermediär, Al-reich und Al-Fe-arm hinsichtlich ihres jeweiligen Agglomerationsrisikos.
- **Bewertung realer Bett- und Filteraschen** aus verschiedenen Klärschlamm-Monoverbrennungsanlagen zur besseren Übertragbarkeit auf die Anlagenpraxis.
- **Ableitung maximal tolerierbarer Betriebstemperaturen** in Abhängigkeit von der Aschezusammensetzung, insbesondere vor dem Hintergrund möglicher Temperaturerhöhungen zur Lachgasminderung.
- **Nutzung monatlicher bzw. wöchentlicher Durchschnittszusammensetzungen** als betrieblicher Indikator für die Agglomerationsneigung.
- **Weiterentwicklung des Klärschlamm- und Lieferantenmanagements**, indem kritische Zusammensetzungen frühzeitig erkannt und bei der Betriebsstrategie berücksichtigt werden können.
- **Absicherung des druckverlustbasierten Laborverfahrens als praxisnähere Methode** zur Bewertung der Wirbelschichtagglomeration, da neben Zusammensetzung und Temperatur auch Strömungsbedingungen und Verweilzeit berücksichtigt werden.



Damit liefert das technische Programm eine Entscheidungsgrundlage, um den Betrieb von Klärschlamm-Wirbelschichtanlagen sicherer zu gestalten. Es unterstützt Betreiber dabei, Temperaturfenster, Aschezusammensetzung und Lieferantenstruktur so zu bewerten, dass eine emissionsarme Verbrennung mit möglichst geringer Agglomerationsneigung verbunden werden kann.



3 Leistungen der beauftragten Dienstleister

3.1 RWE Power

AP 1: Probennahme

Zielsetzung: Repräsentative Probennahme von Filteraschen und Bettaschen je KSMV

Es müssen je Aschetyp mindestens 10 L Probe entnommen werden. Große Agglomerationen können bei Bedarf und in Abstimmung mit RWE gesondert beprobt werden.

Die Teilnehmer des technischen Programms sind für die Probennahme und den Versand zu RWE selbst verantwortlich, werden aber von RWE fachlich und ggfs. vor Ort unterstützt.

AP 2: Experimentelle Untersuchungen zur Aschecharakterisierung

Zielsetzung: (Thermo)Chemisch-mineralogische Zusammensetzung der Aschen; Klasseneinteilung aller Proben in eine Klasse; Auswahl der Proben für die Mischversuche beim DBI/IEC

Einige Proben werden vor ihrer Untersuchung beim DBI/IEC klassiert (s. AP 4).

Folgende Untersuchungen der Filter- und Bettaschen sowie der klassierten Proben sind obligatorisch:

- Wassergehalt und Glühverlust der Gesamtproben
- Chemische Analyse mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) der Gesamtproben, der Mischproben und der klassierten Proben
- Mineralphasenanalyse mittels Röntgenbeugung (RBA) der Gesamtproben und der klassierten Proben (vor und nach Wirbelschichtversuch)
- Erhitzungsmikroskopie zur Bestimmung des Ascheschmelzverhaltens (ASV) der klassierten Proben

Optional können je nach Probe weitere Untersuchungen sinnvoll sein.

Alle Proben werden in die vier Klassen „Fe-reich“, „Al-reich“, „Intermediär“ und „Al-Fe-arm“ eingeteilt. Anhand der Probenchemie werden verschiedene Endglieder für Mischungsreihen beim DBI/IEC ausgewählt, die ein möglichst breites chemisches Spektrum abbilden.



AP 3: Einteilung der Klärschlammmaschen in Klassen

Zielsetzung: Validierung der vier Ascheklassen gemäß Fe- und Al-Gehalt und nach der Bestimmung der jeweiligen kritischen Agglomerationstemperatur.

Abhängig von den Ergebnissen vom DBI/IEC (AP 4 und 5) werden im Anschluss die Klassen validiert und geschärft. Anschließend soll je Klasse eine kritische Agglomerationstemperatur abgeleitet werden.

3.2 DBI-Virtuhcon GmbH / TU Freiberg, Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (IEC)

AP 4: Bestimmung der Wirbelschichtagglomerationstemperaturen je KSMV

Zielsetzung: Bestimmung der Wirbelschichtagglomeration einer Asche je KSMV-Betreiber

In einem ersten Schritt wird eine Probe je KSMV ausgewählt. Diese Proben werden klassiert¹. Anschließend wird in einem Kaltversuch die optimale Wirbelzahl bestimmt. Die optimale Probe wird dann repräsentativ geteilt und an RWE versendet und wie in AP 2 beschrieben analysiert.

Danach werden für eine ausreichende statistische Sicherheit je drei Messungen der Wirbelschichtagglomeration durchgeführt und die jeweilige mittlere Agglomerationstemperatur bestimmt. Die Ergebnisse und Proben werden im Anschluss ebenfalls an RWE versendet und dort mineralogisch untersucht und ausgewertet.

Neben den Versuchen an je einer Asche je KSMV-Betreiber werden aus den in AP2 ausgewählten Proben bis zu drei Mischreihen in die Untersuchungen einbezogen (s. AP 5).

AP 5: Agglomerationstemperatur an Mischungsreihen ausgewählter Aschen

Zielsetzung: Bestimmung der Wirbelschichtagglomeration an bis zu drei Mischreihen von zuvor ausgewählten Aschen (s. AP 2 RWE)

Die in AP2 ausgewählten Aschen werden in bis zu 3 Mischreihen mit mind. 4 Mischungsverhältnissen eingesetzt. Anschließend wird an jedem Mischungsverhältnis erneut die Temperatur der Wirbelschichtagglomeration bestimmt.

¹ Voruntersuchungen ergaben, dass eine Klassierung die Zusammensetzung einer Klärschlammasche nur minimal beeinflusst.



4 Rahmenbedingungen

4.1 Teilnahmebedingungen

- Für die Teilnahme an dem Technischen Programm (TP) sind sowohl vgbe-Mitglieder als auch Nicht-Mitglieder zugelassen.
- Die Sprache im TP ist Deutsch. In Abstimmung mit den Teilnehmern des technischen Programms kann die Sprache auch angepasst werden.

4.2 Laufzeit

- Das technische Programm startet in **Q1/2027** und soll **Ende 2027** abgeschlossen sein.
- Die Gesamtlaufzeit des TP beträgt ca. **10 Monate** ab Erhalt der KS-Proben.
- Ein späterer TP-Einstieg ist grundsätzlich möglich und ist entsprechend abzustimmen.
- Das Programm wird durchgeführt, wenn sich mindestens 5 KSMV-Betreiber (bezogen auf den KSMV-Standort) beteiligen.

4.3 Sonstiges

- Alle Daten dürfen nach Rücksprache und Freigabe der Initiatoren (vgbe, RWE, DBI/Virtuhcon) anonymisiert für Publikationen und Konferenzen/ Tagungen verwendet werden. Hinweis: Die Unterlagen sind beim vgbe einzureichen.
- Alle Proben und Teilproben verbleiben bei RWE und werden auf Wunsch nach Ende des technischen Programms entsorgt.
- Eine Veröffentlichung der anonymisierten, vollständigen Projektergebnisse ist nur nach Freigabe aller Teilnehmer zugelassen.



5 Teilnahmegebühr

Das Programm wird durchgeführt, wenn sich mindestens 5 KSMV-Unternehmen (bezogen auf den KSMV-Standort) beteiligen.

Die Kosten des technischen Programms pro Programmteilnehmer sind tabellarisch, bezogen auf die Anzahl der Programmteilnehmer wie folgt aufgeführt:

Für vgbe Mitglieder:

Anzahl Teilnehmer	Kosten* [€]
5	8.550,00 €
6	8.350,00 €
7	8.150,00 €
8	7.900,00 €
9	7.650,00 €
10	7.400,00 €
11	7.100,00 €
12	6.850,00 €
13	6.650,00 €
14	6.500,00 €
15	6.350,00 €

Für Nicht-Mitglieder:

Anzahl Teilnehmer	Kosten* [€]
5	9.850,00 €
6	9.600,00 €
7	9.350,00 €
8	9.100,00 €
9	8.800,00 €
10	8.500,00 €
11	8.150,00 €
12	7.900,00 €
13	7.650,00 €
14	7.450,00 €
15	7.300,00 €

* zzgl. der gesetzlich vorgeschriebenen Mehrwertsteuern



6 Compliance

vgbe energy, die Vertragspartner von vgbe energy bezogen auf dieses Technische Programm und beteiligte Unternehmen verpflichten sich zu fairen Geschäftspraktiken und lehnen jegliche Form von Korruption und Bestechung ab. Auf der Grundlage dieses Verständnisses verpflichten sich vgbe energy, die Vertragspartner von vgbe energy und die beteiligten Unternehmen, ihre jeweiligen internen Compliance-Regeln und Compliance-Verfahren sowie die gesetzlichen Antikorruptionsvorschriften strikt einzuhalten. vgbe energy, die Vertragspartner von vgbe energy und die beteiligten Unternehmen und deren Mitarbeiter verpflichten sich daher, im Zusammenhang mit dem Abschluss und der Durchführung dieses Vertrages sowie auch des sich daraus ergebenden Vertragsverhältnisses weder unberechtigte Vorteile gleich welcher Art anzubieten, zu versprechen oder zu gewähren noch zu fordern, zu versprechen oder anzunehmen. vgbe energy, die Vertragspartner von vgbe energy und die beteiligten Unternehmen erwarten auch von Dritten, die an der Durchführung dieses Vertrages beteiligt sind, ein entsprechendes Verhalten und verpflichten sich, diese auf die Einhaltung der Gesetze hinzuweisen.



7 Ansprechpartner



Mobil: +49 151 1824 8005

Mail: Verena.Quiskamp@vgbe.energy



Tel.: +49 201 8128 206

Mail: Jennifer.Kulinna@vgbe.energy

vgbe energy e.V.

Deilbachtal 173

45257 Essen

Germany

www.vgbe.energy



**Registrierungsformular zur Teilnahme am
Technischen Programm des vgbe energy e.V.**

Technisches Programm	„Agglomerationsrisiken in der Klärschlammverbrennung früh erkennen und gezielt steuern“
Firma:	
Name:	
Funktion	
Anschrift	
Telefon:	
E-Mail:	
Sonstige Bemerkungen:	

Mit meiner Unterschrift erkläre ich meine verbindliche Bereitschaft zur Teilnahme an dem o. g. technischen Programm und leiste somit einen Finanzierungsanteil entsprechend der Angaben im Kapitel 5.

Ort, Datum

Unterschrift

Bitte schicken sie das ausgefüllte Formular an: **verena.quiskamp@vgbe.energy**



vgbe energy e.V.
Deilbachtal 173
45257 Essen
Deutschland

ab 1. Januar 2027
Schederhofstr. 45
45145 Essen

t +49 201 8128-0
e info@vgbe.energy