



# Regionales Phosphorrecycling für die Metropolregion Mitteldeutschland - „DreiSATS“

Dreiländereck Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen

## RePhoR Statusseminar

03. Mai 2023

**Matthias Hoger**

Veolia Klärschlammverwertung Deutschland GmbH

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**FONA**

Forschung für Nachhaltigkeit



**RePhoR**

REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

# Projektpartner DreiSATS

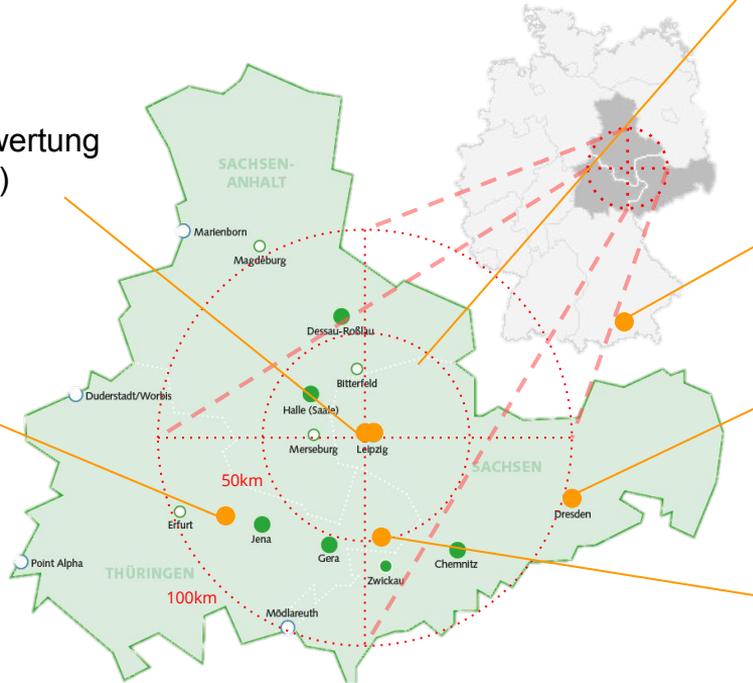
Projektkoordinator



VEOLIA Klärschlammverwertung  
Deutschland GmbH (VKD)



Forschungs- und  
Entwicklungspartner  
Ascheaufschluss



Forschung und Entwicklung  
Düngerherstellung



Energiesysteme GmbH

Anlagenentwickler und -bauer  
Staubfeuerung



IKTS

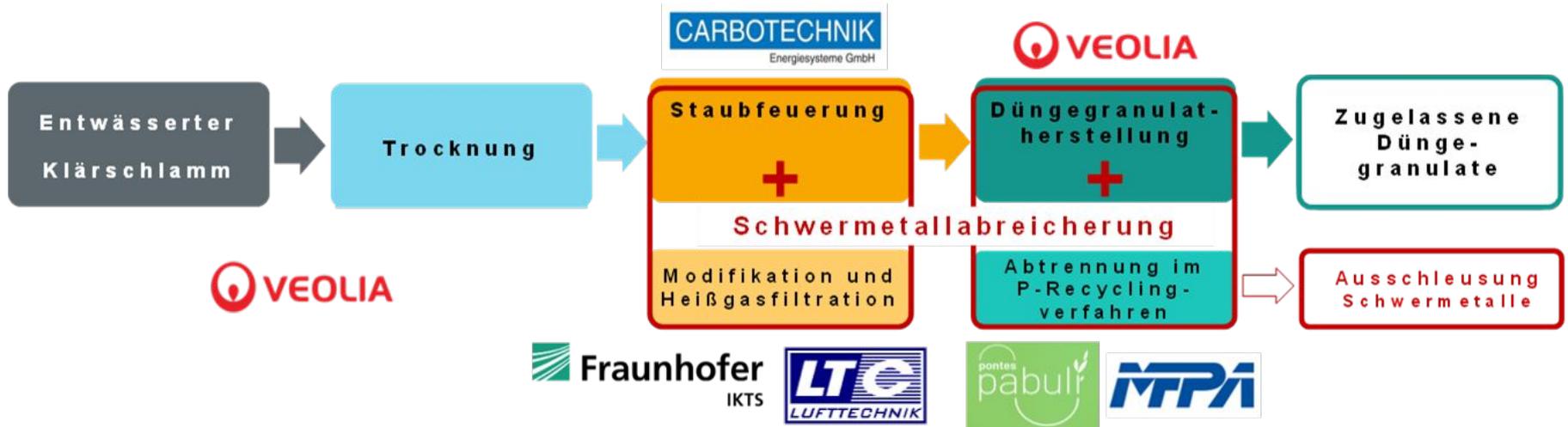
Forschungs- und Entwicklungspartner  
Klärschlammbehandlung und  
Heißgasfiltration



Anlagenbau Heißgasfiltration

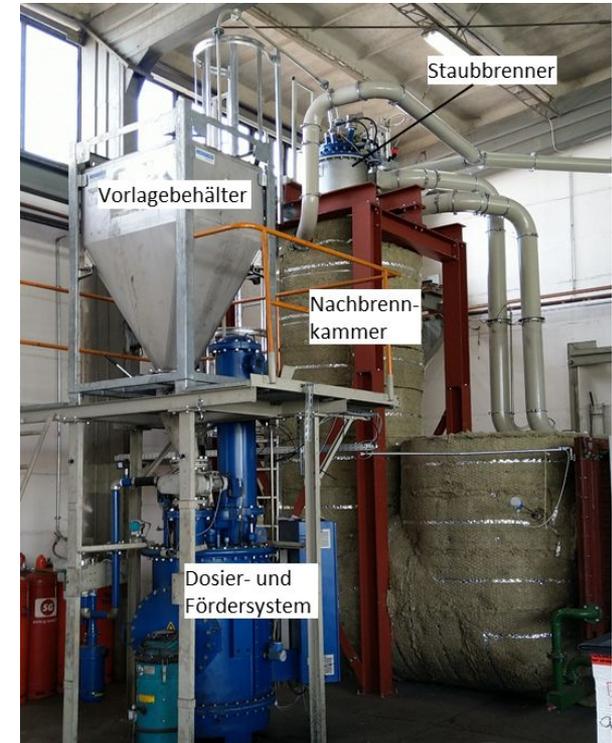
# Zielstellung und Technologieansatz DreiSATS

Praxisnahe Erprobung und Demonstration einer innovativen, wirtschaftlich und technisch tragfähigen Prozesskette zur dezentralen, thermischen Klärschlammverwertung mit Phosphorrecycling und Produktverwertung für die Modellregion „Mitteldeutsches Dreiländereck“



# Entwicklungsergebnisse- Verbrennungsversuche

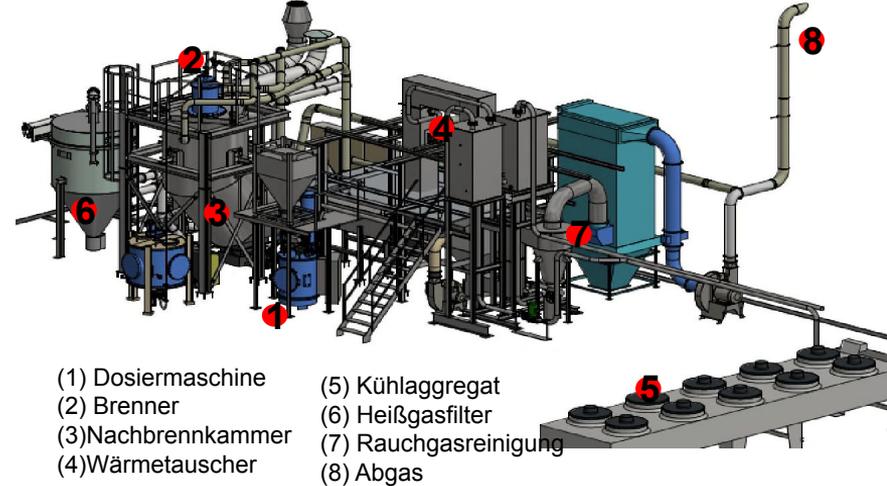
- Verbrennungsversuche mit vorhandener Staubfeuerungsversuchsanlage
  - 1MW Feuerungsleistung
  - Heizwertabhängige Brennstoffzufuhr 250 kg/h (90 %TR)
  - Stabiles Flammenbild
- Nachweis Machbarkeit
- Bewertung von Prozessbedingungen erfolgt
  - Pneumatische Dosierung, Zündverhalten, Brennstoff-Luftverhältnis, etc.
  - Erzeugung von Aschen für Analytik und nachgelagerte Prozesse
- Zieltemperatur von 850 °C (Vorgabe 17. BImSchV) konnte durch Einstellung von Rezigas und Tertiärluft erreicht werden
- Variation von Luftmengen und Bewertung Einfluss auf Verbrennungsprozess und Abgaszusammensetzung erfolgt



Versuchsanlage Staubfeuerung

# Entwicklungsergebnisse- Umbau Versuchsanlage

- Erfolgte Umbaumaßnahmen
  - Anpassung der Nachbrennkammer für Ascheaustrag im laufenden Betrieb
  - Variationsmöglichkeiten zur Luftstufung und Rezigaseinsatz geschaffen
  - Verbesserung der nachgeschalteten Wärmeabfuhr
- Dauerbetrieb ist möglich
- Erweiterung Versuchsanlage für SM-Entfrachtung
  - Eintragsmöglichkeiten für Additive geschaffen
  - Schnittstelle zur Heißgasfiltration erstellt
  - Additivdosierung und Heißgasfilter installiert



3D Modell Versuchsanlage Staubfeuerung mit Heißgasfilter

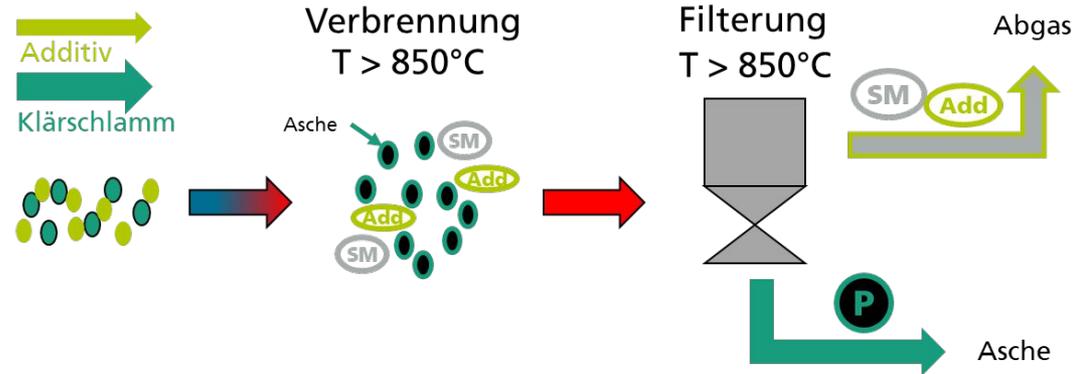


Umbau Versuchsanlage

# Entwicklungsergebnisse- In Situ SM-Entfrachtung

## Theoretische Grundlagen

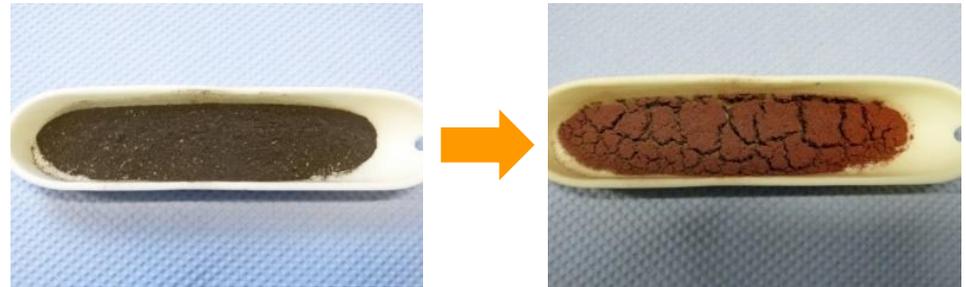
- Unterschiedliche Flüchtigkeiten der Aschekomponenten
- Zugabe Additiv fördert Entstehung von leichtflüchtigen Schwermetallverbindungen
- Schwermetallabgereicherte Asche bleibt im Filter zurück



Schema In Situ Schwermetallentfrachtung und Heißgasfiltration

## Versuchsaufbau Labor

- Klärschlammprobe mit verschiedenen Additiven gemischt
- Aufheizen über Temperaturrampe oder vorgeheizten Ofen
- Gewinnung und Bewertung von Aschen im Labormaßstab

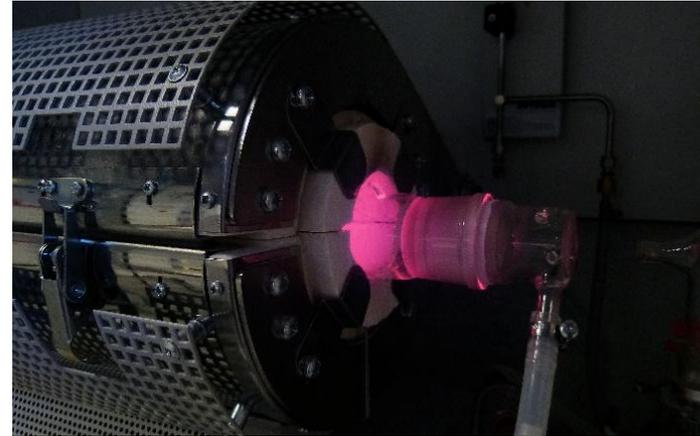


Klärschlamm und Klärschlammprobe nach der thermochemischen Behandlung mit Temperaturrampe

# Entwicklungsergebnisse- In Situ SM-Entfrachtung

## Parameter zur Schwermetallreduktion

- Aufheizgeschwindigkeit hat großen Einfluss auf notwendige Additivmenge und Effektivität
  - Direkte Temperaturbereitstellung reduziert benötigte Additivmenge
  - Effekte besonders deutlich bei Ni und Zn
  - Weitere Schwermetalle (Cu, Pb etc.) deutlich reduziert
- Labortests als Basis für Versuche  
Staubfeuerungsanlage
- Verifizierung der Ergebnisse in Versuchsanlage  
geplant



Laborversuche zur Aschemodifikation mit  
Temperaturrampe und vorgeheiztem Ofen

# Entwicklungsergebnisse- P-Recycling



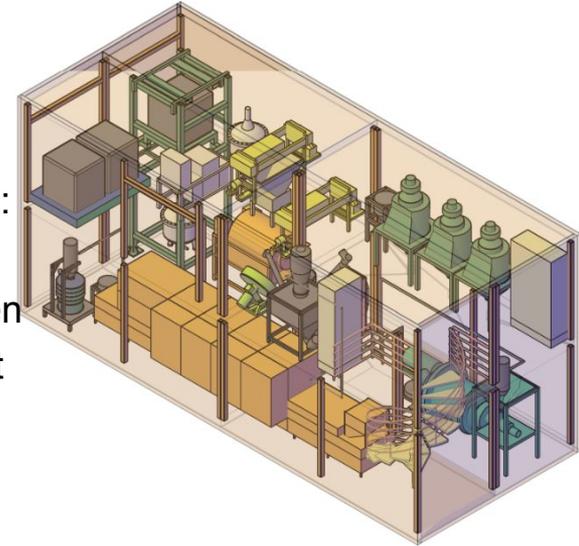
Inbetriebnahme am 28. März 2022

Größe der Anlage:

- 4\*40 Fuß Container

Behandlungskapazität der Anlage:

- Input: 35 kg/h Asche
- Zwischenprodukt: Filterkuchen
- Output: bis 130 kg/h Granulat (Rezepturabhängig)



Stand der Anlage:

- Im Probelauf seit Nov. 2022

# Entwicklungsergebnisse- P-Recycling Säureaufschluss

- Säureaufschluss und Fest-Flüssig Trennung in der Kammerfilterpresse mit Kreislaufführung des Filtrats
  - Untersuchungen mit Schwefelsäure und Salpetersäure erfolgt - erfolgreiche Anreicherung der P - Konzentration im Filterkuchen
  - Gewinnung von Filterkuchen für weitere Verarbeitung



Filtratgewinnung in der Kammerfilterpresse



Abgepresster Filterkuchen

# Entwicklungsergebnisse- P-Recycling- Shreddern und Trocknen

- Schreddern und Trocknen im Trommeltrockner des Salpetersäure Filterkuchens erfolgreich
- Schwefelsäure Filterkuchen wird aufgrund von klebrigen Eigenschaften im Mikrowellenbandtrockner getrocknet



Einblick in den Shredder



Einblick in Mikrowellenbandtrockner



getrockneter Filterkuchen

# Entwicklungsergebnisse- P-Recycling- Mahlung

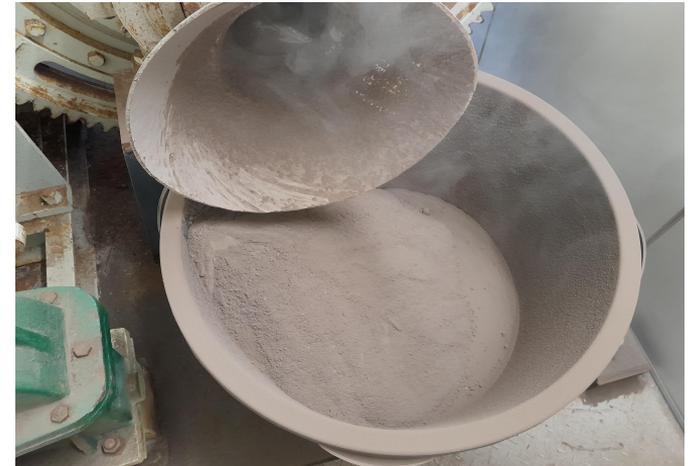
- Aufmahlung von getrocknetem Schwefelsäure Filterkuchen in der Kugelmühle
  - Mahlung erfolgreich bei TM Gehalt des Filterkuchens von 87 %
  - Nach Mahlung 75 - 80 % kleiner als 250 µm
  - Gewinnung von aufgemahlenem Filterkuchen für weitere Verarbeitung



Aufgabetrichter



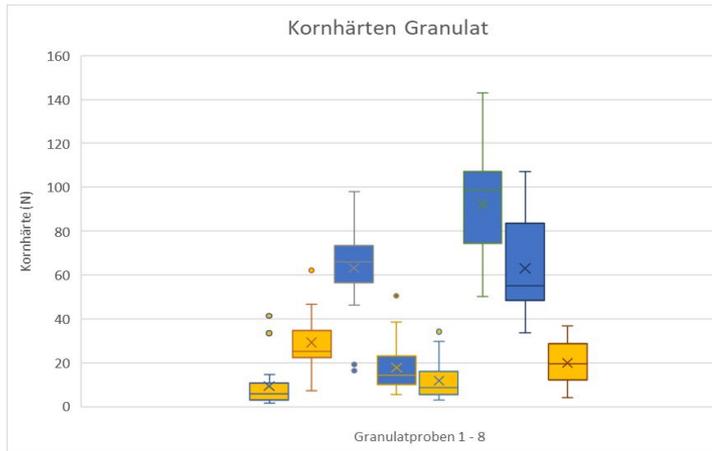
Kugelmühle



gemahlener Filterkuchen

# Entwicklungsergebnisse- P-Recycling- Granulierung

- Untersuchung der Granulierung im Granulierteller
  - Granulierung von Schwefelsäure Filterkuchen mit verschiedenen Nährstoffen (z.B. MAP)
  - Untersuchung der Prozessparameter des Granuliertellers und deren Auswirkungen auf physikalische Eigenschaften der Granulate (z.B. Kornhärte/Ausbeute der Zielgröße 2 - 5 mm)



Korngrößenvarianz der Düngergranulate



# Bewertung Pflanzenverfügbarkeit

- standardisierte Versuchsanlage  
→Durchführung von Toxizitäts- und Nährstoffverfügbarkeitstests in substratgebundenen Systemen unabhängig von Jahreszeiten
- Testung und Bewertung von Düngemittel für den Einsatz in Landwirtschaft und Gartenbau im Rahmen von Qualitätssicherung, Risikobewertung und den verschiedenen Stufen der Produktentwicklung

## Durchgeführte Untersuchungen

1. Entwicklungsbonitur bei Blütenanlage
2. Frischmassenbestimmung und Pflanzensaftanalyse zu drei Zeitpunkten
3. Substratanalytik
4. Nährstoffbilanzierung
5. Deskriptive Versuchsauswertung



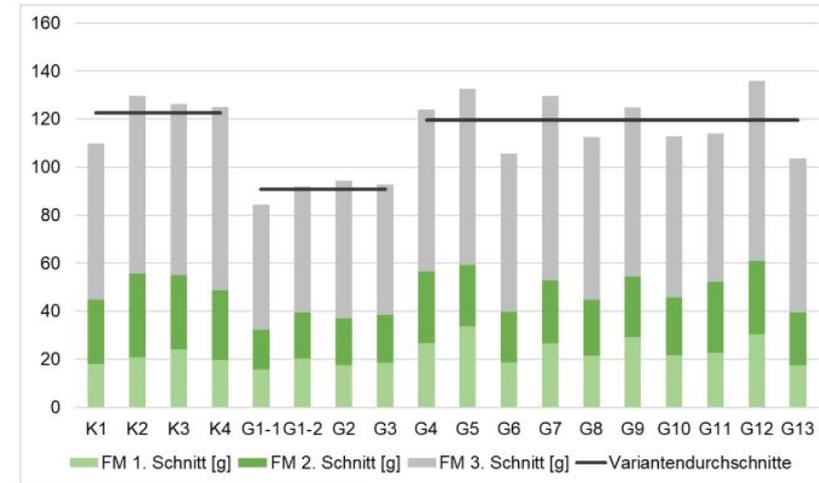
Plots am Versuchsstand am Fraunhofer IKTS

# Bewertung Pflanzenverfügbarkeit

Beispiel:

Ergebnisse der Frischmassenerfassung der oberirdischen Pflanzenteile (Luzerne)

- Dargestellt sind Mittelwerte und der Durchschnitt der Gesamtfrischmasse über die Variantengruppen (Kontrollen K, Klärschlammaschen G1-3 und Filterkuchen G4-13)
- Die Varianten, bei denen Klärschlammaschen zum Einsatz kamen, liegen bei der Gesamtbetrachtung der Frischmassen zurück
- Varianten G5, G7 und G12 liegen deutlich über dem Gesamtmittel der Frischmassen der Filterkuchen und erreichen vergleichbare Frischmassezuwächse wie die Pflanzen der Kontrolle mit Tripelsuperphosphat → Rezepturabhängigkeit



Frischmassen der oberirdischen Pflanzenteile

# Ausblick- Pflanzversuche

- Durchführung weiterer Pflanzversuche (Rezepturen) am Versuchsstand des Fraunhofer IKTS
- Optimierung/Erweiterung der Qualitätssicherung im Gewächshaus der VKD
- Testung der Düngergranulate unter realen Bedingungen in der Freilandversuchsfläche der VKD



Durchführung von Pflanzversuchen zur Qualitätssicherung im Gewächshaus der VKD



Freilandversuchsflächen der VKD zur Testung der Düngergranulate unter Realbedingungen



Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit

[www.DreiSATS.de](http://www.DreiSATS.de)



Matthias Hoger

Veolia Klärschlammverwertung Deutschland GmbH

Tel.: +49 163 73800-11 | Email: [matthias.hoger@veolia.com](mailto:matthias.hoger@veolia.com)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**FONA**

Forschung für Nachhaltigkeit

**RePhoR**

REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING