

Regionales Phosphorrecycling für die Metropolregion Mitteldeutschland - „DreiSATS“

Dreiländereck Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen

Webinar: Vom Abwasser zum Rohstoff

Claudyn Kidszun, Veolia Klärschlammverwertung Deutschland GmbH

Marc Lincke, Fraunhofer IKTS

Peter Schöfmann, Carbotechnik

14. Januar 2026

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

FONA

Forschung für Nachhaltigkeit

RePhoR

REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

Agenda

1. Begrüßung, Ziel des Webinars
2. Vorstellung Ergebnisse DreiSATS
3. Q&A Diskussion

Projektkoordinator



Forschung und Entwicklung
im Bereich Umwelttechnik

Projektpartner



Phosphorrückgewinnung



Energiesysteme GmbH

Anlagenentwickler und -bauer
Staubfeuerung



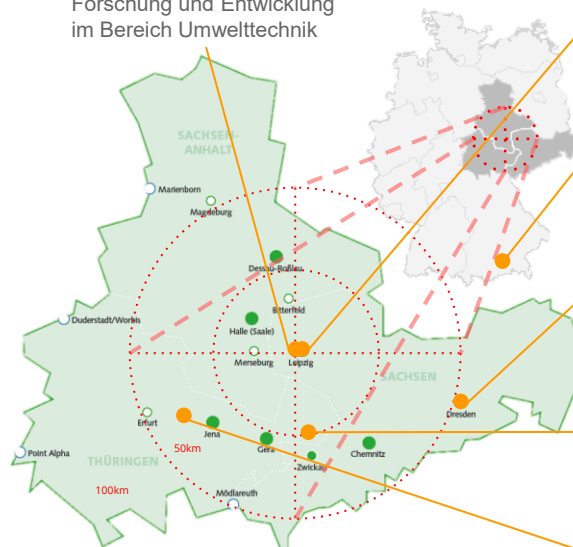
Forschungs- und Entwicklungspartner
Klärschlammbehandlung und
Heißgasfiltration



Anlagenbau
Heißgasfiltration



Forschungs- und Entwicklungspartner
Ascheaufschluss



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

FONA

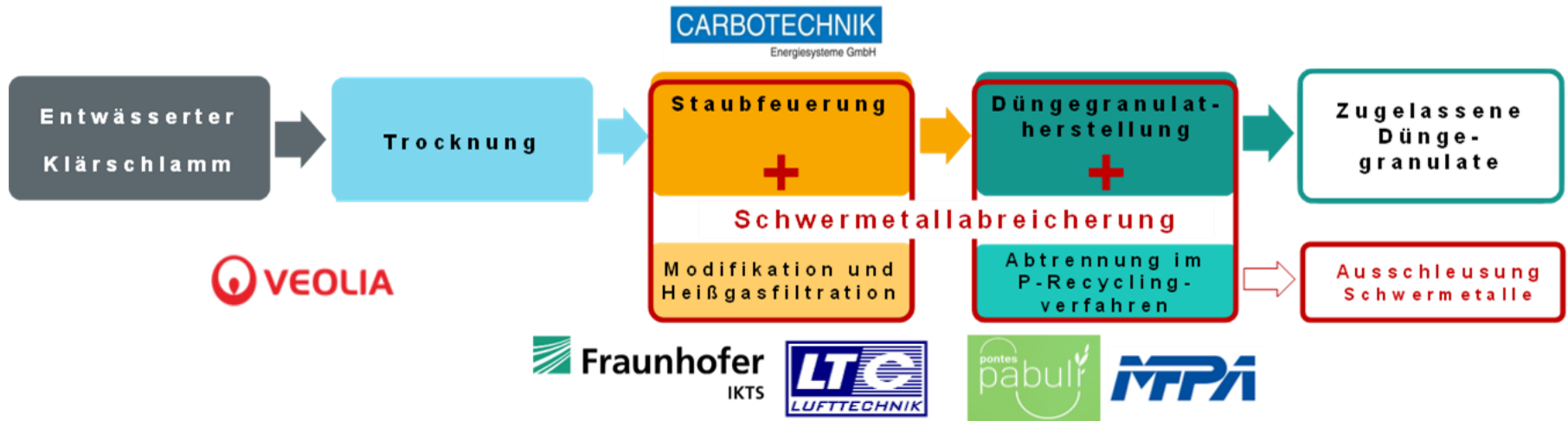
Forschung für Nachhaltigkeit

RePhoR

REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

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“



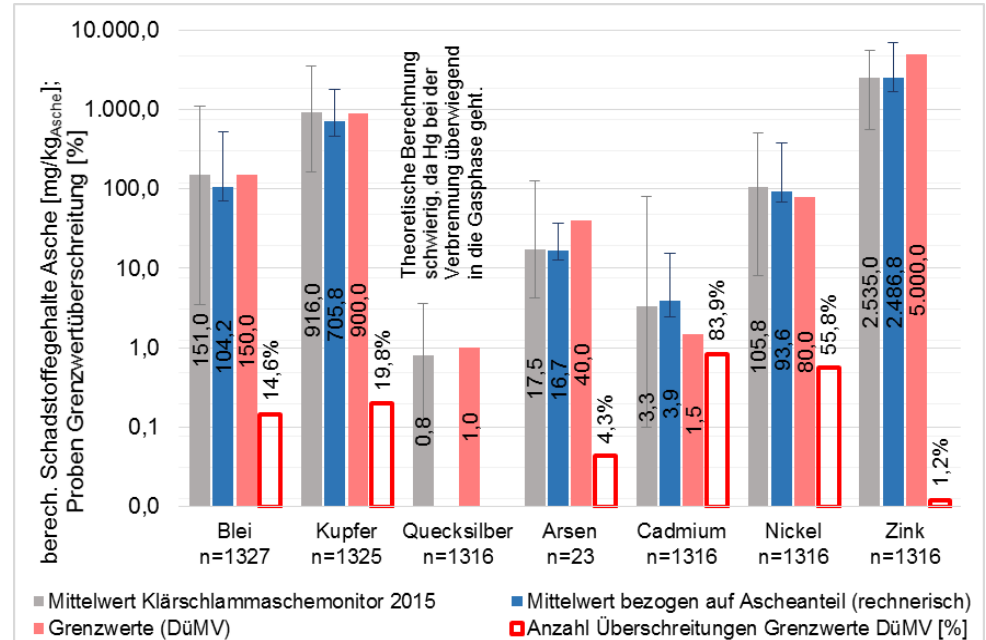
Ausgangssituation Modellregion „Mitteldeutsches Dreiländereck“

Klärschlammmonitoring

- hohe kläranlagenspezifische sowie jahreszeitliche Schwankungen der Nährstoff- und Schadstoffkonzentrationen im Klärschlamm
- Teilweise deutliche Überschreitungen Grenzwerten

Siedlungsstruktur

- Verdichtete städtische Strukturen
- Ländliche Gebiete, welche landwirtschaftlich hochintensiv bewirtschaftet werden

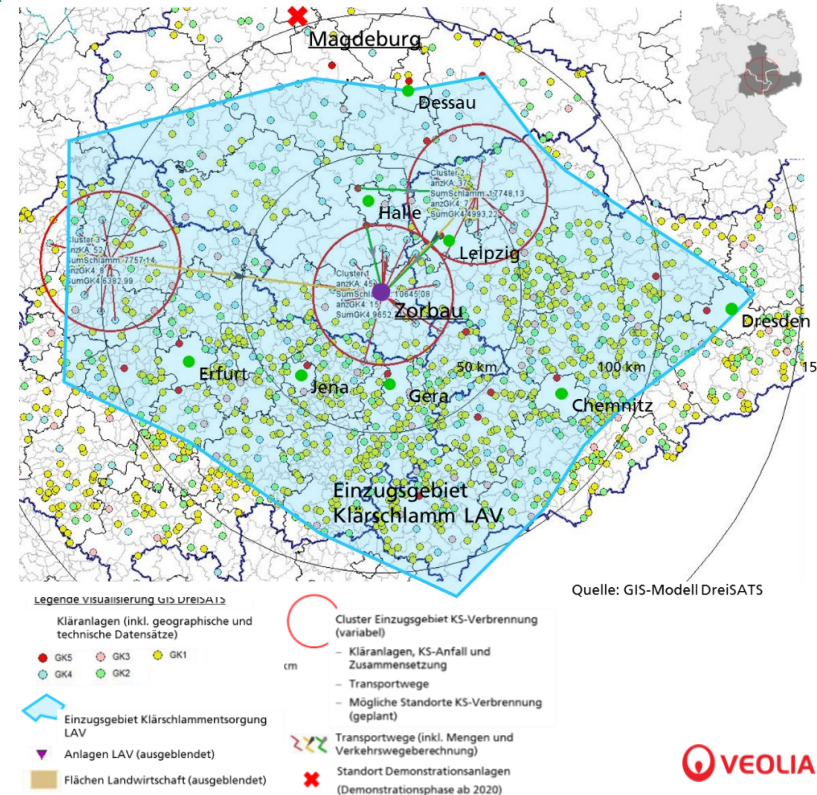


Klärschlammmonitoring 2019

Ausgangssituation Modellregion „Mitteldeutsches Dreiländereck“

Klärschlammverwertung

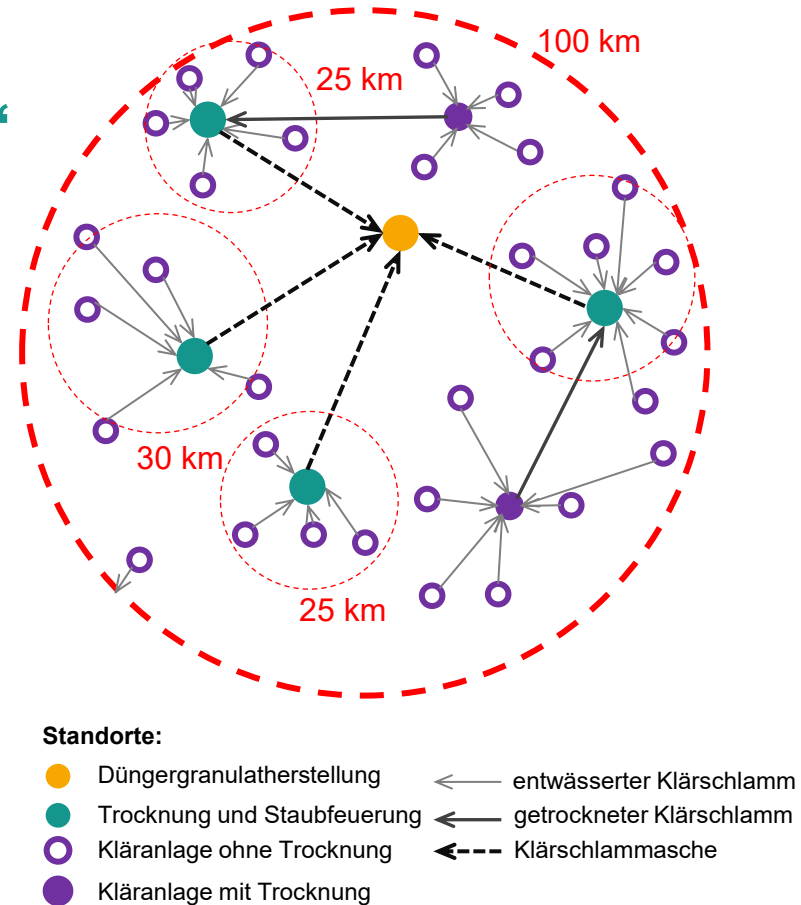
- Klärschlämme werden überwiegend thermisch verwertet
- bis zu 60 % des landwirtschaftlichen Phosphatbedarfs können mit regional anfallendem Klärschlamm gedeckt werden
- hoher Informationsbedarf bei Klärschlammerzeugern
- **Zentrale Ansätze** zur thermischen Verwertung dominieren (fehlenden Alternativen)
- Einbindung KS-Erzeuger durch Stakeholder-Analysen



Ausgangssituation Modellregion „Mitteldeutsches Dreiländereck“

Vorteile

- Kurze Transportwege der feuchten (schwere) Substraten
- geringe Logistikkosten und Treibhausgas-Emissionen
- Abwärmenutzung für Trocknungsprozess
- Ausfallverbund bei Einbeziehung mehrerer dezentraler Anlagen



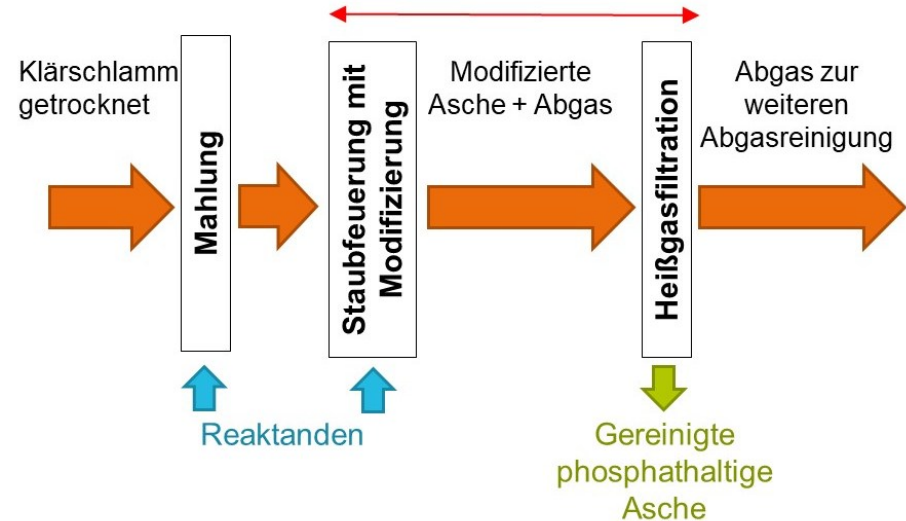
Technologieansatz – in Situ-Aschemodifikation und Heißgasfiltration

Vorteile

- Einbindung Aschemodifikation und Heißgasfiltration zur Asche-Ausschleusung direkt in den Verbrennungsprozess
- Ausnutzung hohes Temperaturniveau
- Kein zusätzliches Aufheizen
- Schwermetall angereicherte Asche

Nachteile

- Additive können zu Korrosion von Bauteilen führen



Schema Aschemodifikation und Heißgasfiltration

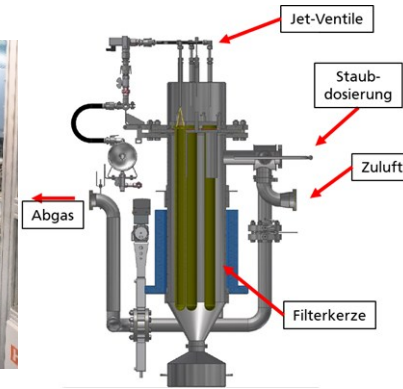
Technologieansatz – in Situ-Aschemodifikation und Heißgasfiltration

Additivierung Labormaßstab

- 33 Klärschlämme analysiert (Brennstoffeigenschaften, Schwermetallgehalt, Phosphorgehalt)
- 11 Additive im Labor hinsichtlich Schwermetallentfrachtung getestet → Favoriten für Verbrennungsversuche Staubfeuerung (NH_4Cl , NaHCO_3 , Na_2CO_3)
- Dosierung (50, 100, 150, 200 g (Cl/Br)/kg Klärschlamm)
- Temperatur (350, 850, 900, 1.000 °C)

Materialtest für Heißgasfilter

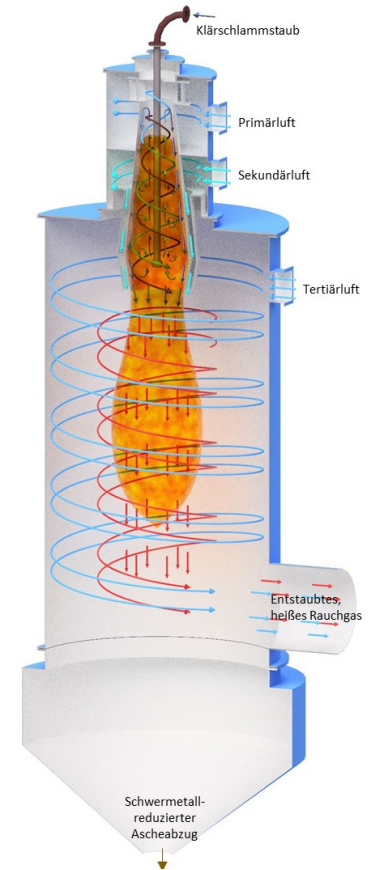
- Untersuchte Filtermaterialien
 - Alumosilikatfasern
 - Silikatisch gebundenes SiC
 - Rekristallisiertes SiC
- Filtrationstests im industriellen Maßstab



Technologieansatz – Staubfeuerung

Vorteile

- Staubfeuerungsanlagen mit **geringeren Verbrennungskapazitäten**
- stufenloser Teillastbetrieb
- keine Ausmauerung und kein Bettmaterial
- Hoher Heizwert - trockener Klärschlamm
- sehr kompakte Bauweise
- geringere Investitionskosten



Pilotanlage – Staubfeuerung und Heißgasfiltration

Anlagenparameter:

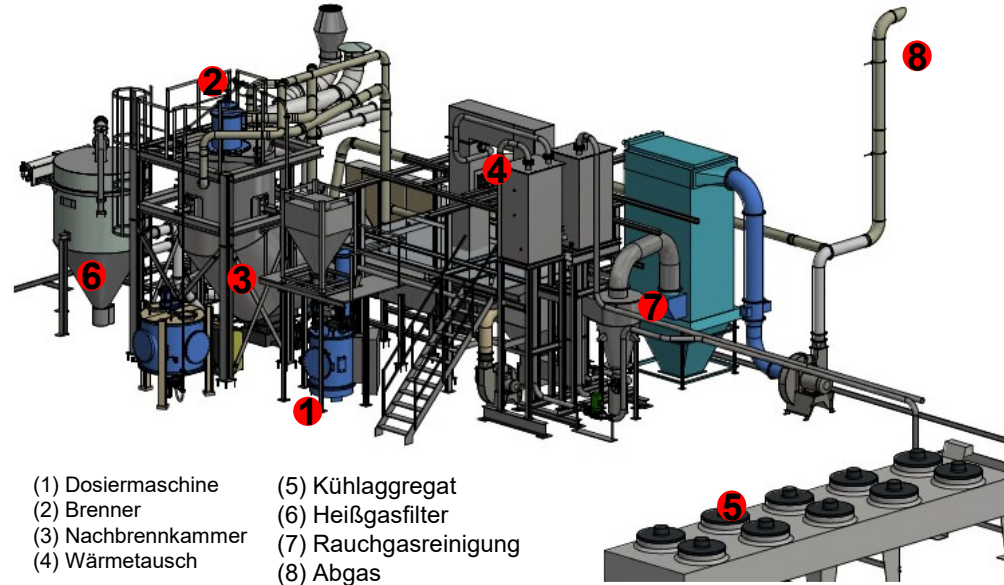
- 1 MW Feuerungswärmeleistung
(umgerechnet ca. 8.000 to/a 25%TS)

Umbaumaßnahmen:

- Neues Design Brennkammer
- Entwicklung und Einbindung Heißgasmodul- und Aditiv-Modul
- Erweiterung MSR-Technik

Verbrennungsversuche

- 28 Verbrennungsversuche ohne und mit Additivdosierung
- Verbrennungsparameter KS ermittelt

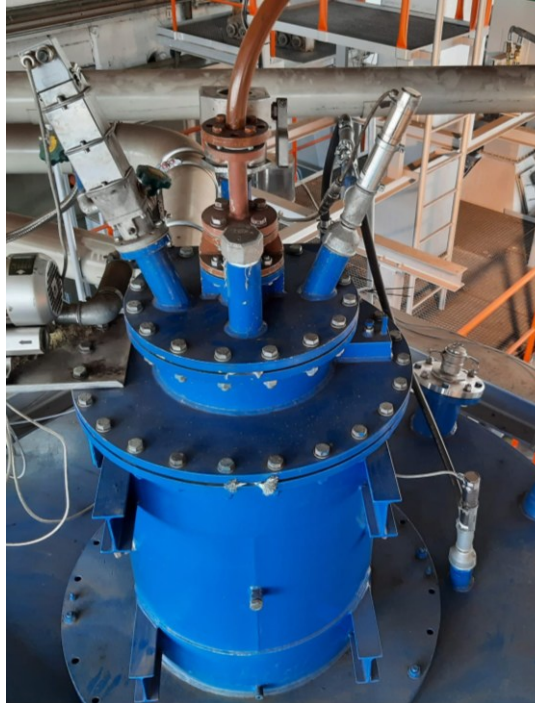


Pilotanlage – Staubfeuerung und Heißgasfiltration

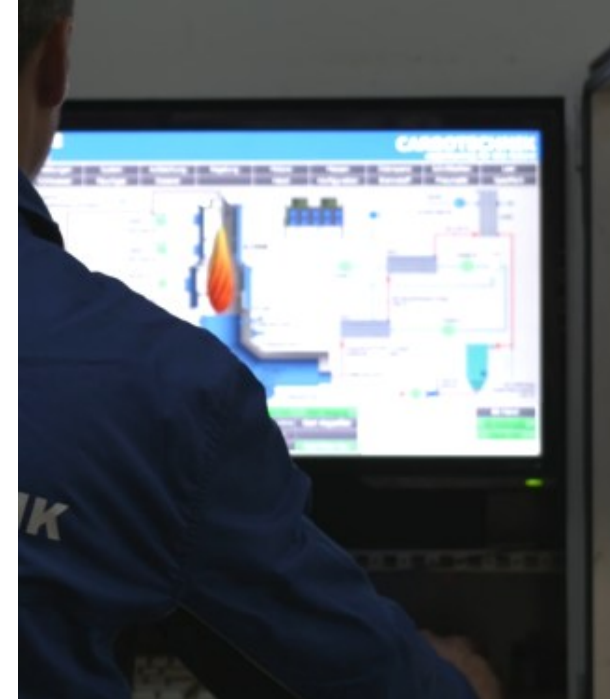
Reaktion auf stark schwankende Klärschlammqualitäten:

- Integration eines intelligenten Regelungskonzepts zwischen Brennstoffeintrag und O_2 -Gehalt im Abgas.

Projektziel für den kontinuierlichen Betrieb der Staubfeuerung erreicht.



Brennerkopf (1MW FWL / 8.000 to/25%TS) ©



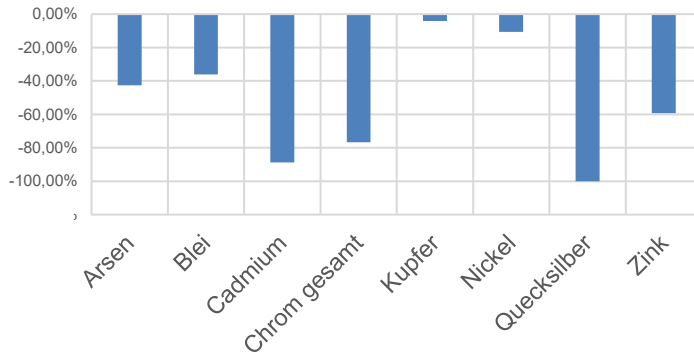
Prozessleitsystem ©

Pilotanlage – Staubfeuerung und Heißgasfiltration

Aschequalität

Ascheanalyse Verbrennungsversuch

- Deutliche Schadstoffentfrachtung und damit Verbesserung der Aschequalität
- Deklaration nach DüMV möglich
- Granulier Fähigkeit der Asche



Schadstoffentfrachtung, Asche aus der Nachbrennkammer (NBK) nach der Verbrennung über die Staubfeuerung



Feinkörnige Asche aus der Staubfeuerung



Granulierte Asche aus der Staubfeuerung (Vorversuch)

...

Auftraggeber: Carbotechnik Geretsried GmbH
Lauterbachstraße 12
82538 Geretsried

Prüfgegenstand: Klärschlammасhe 325 / NBK

Prüfziel: Deklaration nach Düngemittelverordnung

Typenbezeichnung: PK – Dünger, fest; 18,9 – 1,1
aus der Verbrennung von Klärschlamm
mit den Spurennährstoffen BWS, Fe, K, Cu, MgO, Mn, Na, S, Se, Zn;
enthält 76,3 mg/kg TS Ni

...

Der Gesamtphosphorgehalt kann bis zu 80 % als pflanzenverfügbar in Ansatz gebracht werden, dies entspricht einer Phosphorfracht von 151 kg Phosphor (P2O5) je Kubikmeter / Tonne Frischmasse.

Die Nährstoffe wie Magnesium und Kalium sind im Rahmen der Fruchtfolge zu 100% anrechenbar.

Bei einer Aufbringung auf landwirtschaftlichen Flächen sind Anwendungs- und Mengenbeschränkungen aus abfallrechtlichen Vorschriften (AbfKlärV, BioAbfV) zu beachten.

Die geprüfte Klärschlammасhe ist aufgrund des Behandlungsverfahrens als seuchenhygienisch unbedenklich einzustufen.

Die Parameter Basische wirksame Stoffe, Kupfer, Zink, Magnesium, Eisen, Mangan, Schwefel, Selen und Natrium überschreiten die Kennzeichnungswerte nach Düngemittelverordnung und sind anzugeben.

Die Grenzwerte der DüMV für Schadstoffe werden eingehalten, während der Kennzeichnungswert bei Nickel überschritten wird und auf der Warendecklaration anzugeben ist.

Wolfgang Stump
Laborleiter

Auszug aus dem Prüfbericht ©

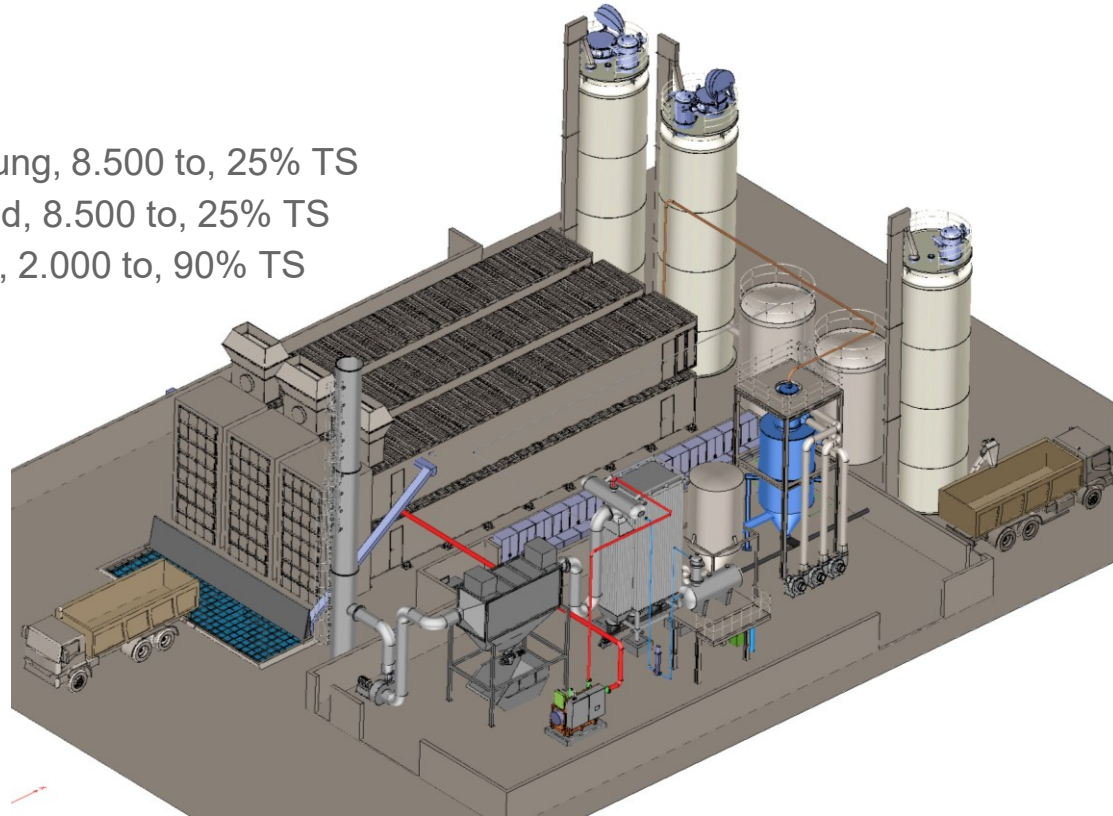
Thermische Verwertung – Grundkonzept Dezentral

Randbedingungen, ländlicher Raum

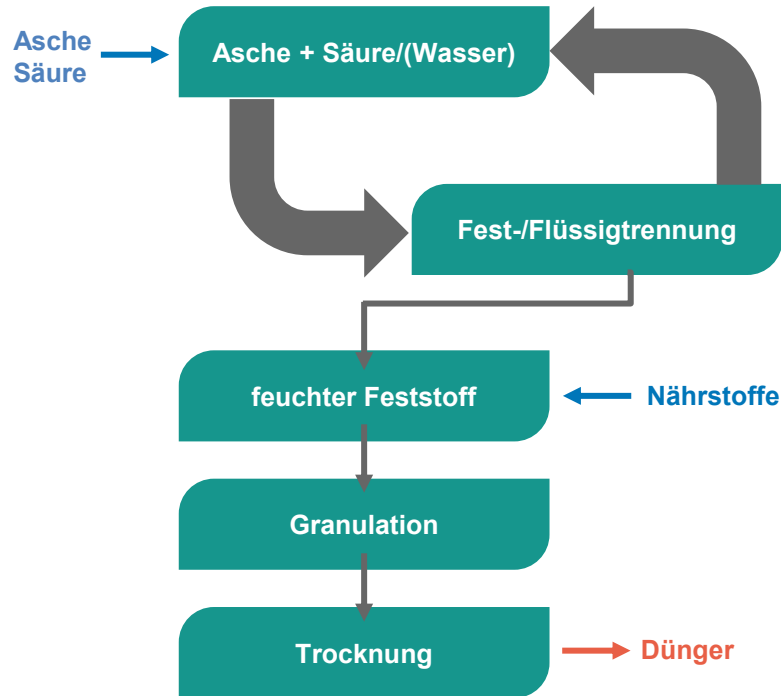
- Hauptklärwerk, Standort Staubfeuerung, 8.500 to, 25% TS
- Kläranlagen im benachbarten Umland, 8.500 to, 25% TS
- Annahme zusätzliche Klärschlämme, 2.000 to, 90% TS

Grundkonzept

- Feuerungswärmeleistung 3,1 MW
- Grundfläche für Anlagentechnik:
35 m x 31 m (LxB)
- davon Gebäude: 30 m x 17 m x
10 m (LxBxH)

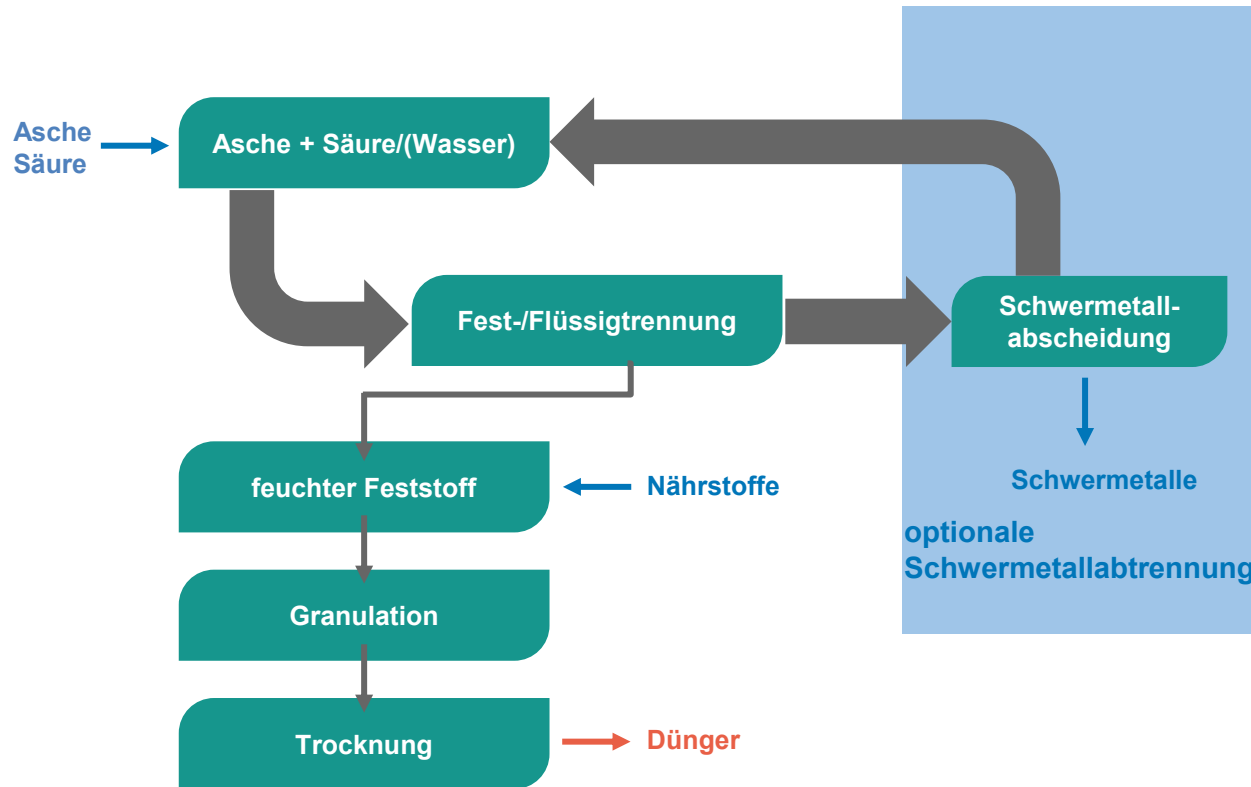


P-Recycling Pontes Pabuli- Verfahrensfließbild



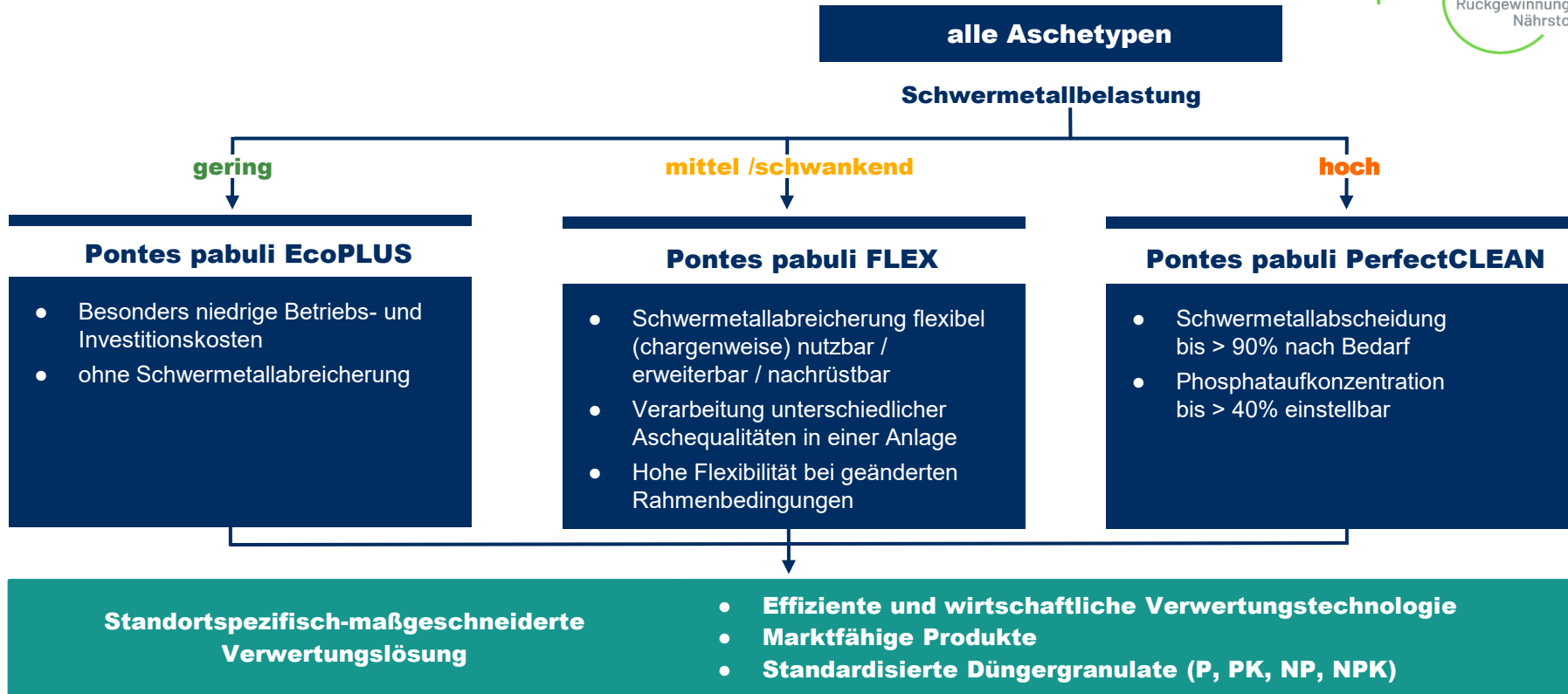
- **Reaktion Säure und Asche in Suspension**
- **Mechanische Fest-/Flüssigtrennung**
- Granulationstechnologie mit geringen Investitionskosten (Granulierteller)
- geringer Energieaufwand zur Trocknung
- **Rückführung Prozesswasser**
- Verfahren ohne Abfall
- **Standardisierter Dünger**
(analog konventionellen Dünger)

P-Recycling Pontes Pabuli- Verfahrensfließbild



- Anteil an **gelösten Schwermetallen** im Prozesswasser richtet sich nach Art/Menge der Säure und der Prozessführung
- aus Prozesswasser können die **Schwermetalle selektiv** vom Phosphat **ausgefällt** werden

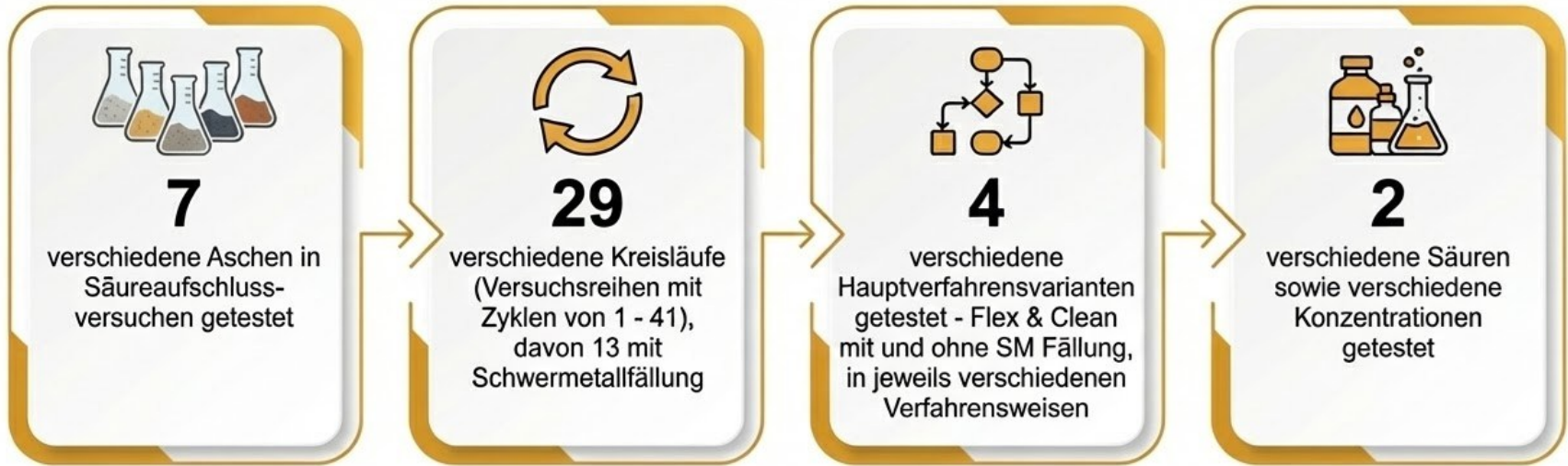
P-Recycling Technologieplattform



P-Recycling Pilotanlage Pontes Pabuli



P-Recycling Versuchsdurchführung



Pflanzversuche

- Bewertung von **Zwischen-** und **Düngerprodukten**
- 2 jahreszeitenunabhängige Prüf- und Bewertungsmethoden für Nährstoffverfügbarkeit und Phytotoxizität aufgebaut
- Gewächshausversuche mit Mais, Weidelgras und Luzerne
- Freilandversuche mit Fenchel, Kohlrabi, Mais & Raps



Zusammenfassung und Fazit

- ✓ Dezentrale Prozesskette zur thermischen Klärschlammverwertung und Phosphorrückgewinnung erfolgreich demonstriert.
- ✓ Staubfeuerung erlaubt flexible Anpassung der Feuerungsparameter an die Klärschlammqualitäten und reduziert Schadstoffe in der Asche.
- ✓ Pontes Pabuli Verfahren ermöglicht die Herstellung von marktfähige Düngergranulaten inkl. einer optionale Schwermetallentfrachtung.
- ✓ Grundkonzepte für Bau und Anlagentechnik für beide Prozessstufen erstellt.



Danksagung !!

Wir bedanken uns herzlich für die maßgebliche Finanzierung und engagierte Projektbegleitung durch das BMFTR, den Projektträger PTKA sowie beim Begleitvorhaben TransPhoR.



Begleitvorhaben



www.dreisats.de

Imagefilm

Regionales Phosphorrecycling für die Metropolregion Mitteldeutschland - „DreiSATS“

Dreiländereck **S**achsen-**A**nhalt, **T**hüringen und **S**achsen

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

GEFÖRdert VOM



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

FONA

Forschung für Nachhaltigkeit

 **RePhoR**

REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING