

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR FABRIKBETRIEB UND -AUTOMATISIERUNG IFF

Sebastian Jentsch

IB-Forschungsprojekt zur (Co)-Verbrennung phosphorhaltiger organischer Reststoffe

Klärschlammnetzwerk Nord-Ost - 6. Regionalgruppentreffen „Sachsen-Anhalt“, Zeitz den 06. Juni 2019



Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Gliederung

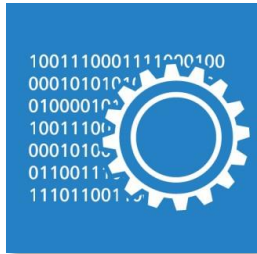
- Vorstellung des Fraunhofer IFF
- Ausgangssituation und Motivation
- Dezentrale Entsorgungskonzepte
- Phosphathaltige Reststoffe
- Forschungsvorhaben zur (Co)-Verbrennung
- Marktpotential und Standortbeispiele
- Fazit und Zusammenfassung



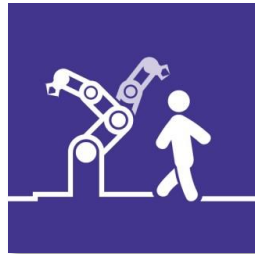
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Über das Institut

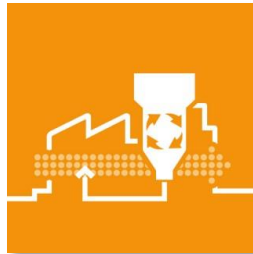
- Gründung im Jahr 1992, Fertigstellung des VDTCs im Jahr 2006
- Innovative Lösungen entwickelt man am Besten im Team - in Forschungsnetzwerken, Verbundprojekten und Allianzen ergänzen sich die unterschiedlichsten Kompetenzen besonders erfolgreich (Fraunhofer Verbund Produktion, Fraunhofer Allianz Energie)
- Gesamthaushalt von 19,6 Millionen Euro, derzeit 188 Mitarbeiter (Stand 2017)



**Digital Engineering
und Industrie 4.0**



**Intelligente
Arbeitssysteme**



**Ressourceneffiziente
Produktion und
Logistik**



**Konvergente
Infrastrukturen**



Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Forschungsfeld Konvergente Infrastrukturen

Energiesysteme und Infrastrukturen

- Systemisch integrierte Ansätze mit regenerativen Quellen, Elektrolyse, Brennstoffzelle, Methanisierung, Methanolherstellung und EH2-Mobilität
- Modellierung und Simulation von Prozessen mittels Kennzahlensystemen zur softwareunterstützten ganzheitlichen Betrachtung



- Analyse, Bemessung sowie Strömungs- und Fließschemasimulation von Prozesseinheiten zur Wandlung und Verwertung von Reststoffströmen

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Energie- und Ressourceneffiziente System

Energie- und Ressourceneffiziente Systeme

Leiter: Dr.-Ing. Torsten Birth

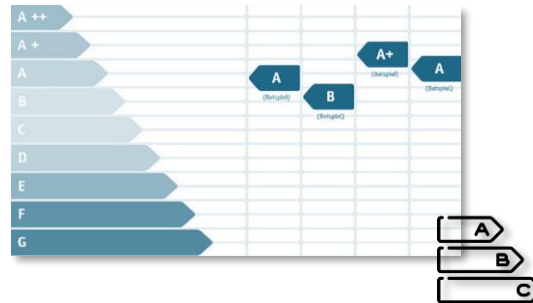
Power to X (PtX)

Planung und Betrieb
bedarfsgerechter Power-to-X-
Konzepte



Physikalisches Optimum (PhO)

Grenzwertorientierte Effizienz-
Bewertung zur Auswahl und
Optimierung von Prozessen



Ressourceneffizienz (REf)

Verwertung regenerativer
Festbrennstoffe und
Ressourcenrückgewinnung



Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Thermische Reststoffverwertung und Phosphorrückgewinnung am IFF

Kompetenzen am IFF

- Durchführung von Machbarkeitsstudien und Ergebnisbewertung
- Anlagenauslegung und Anlagensimulation
- Erstellung von P-Rückgewinnungskonzepten

Projekte (Auswahl)

- Machbarkeitsstudien zur energetischen und stofflichen Verwertung von nicht ausgefaultem, sowie ausgefaultem Klärschlamm
- Versuchsdurchführungen und Ergebnisbewertungen für die Anlagenauslegung von Wirbelschichtfeuerungen für P-haltige Reststoffe
- geplant: Verfahrensentwicklung zur gezielten Co-Verbrennung von organischen Reststoffen



Abschlussarbeiten (Auswahl)

- Optimierungsansätze im Phosphorrecycling aus phosphorreichen Reststoffen
- Einfluss der Klärschlamm Trocknungstechnologie auf das Schadgasentstehungsverhalten von Stickstoffoxiden in der Wirbelschichtverbrennung
- Einfluss von Metallen auf die Phosphorlöslichkeit von verschiedenen phosphorreichen Abfallstoffen



© Fraunhofer IFF

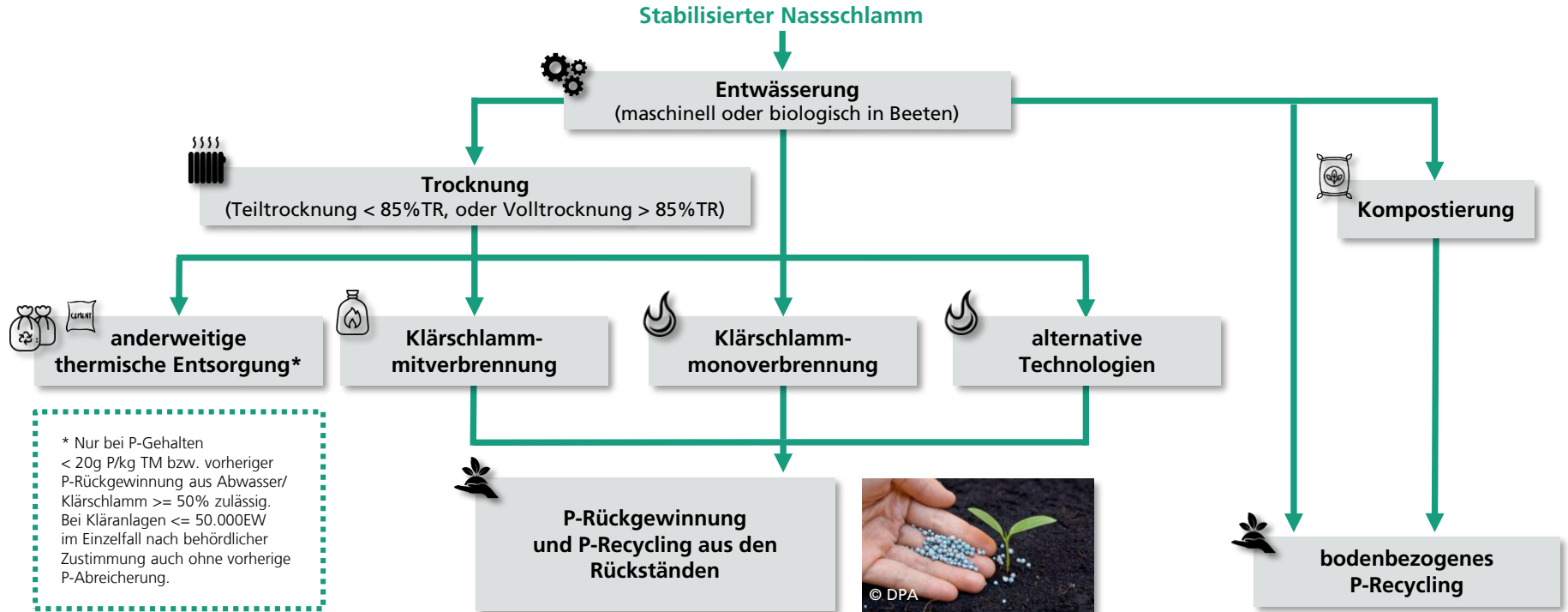
Ausgangssituation

Künftige Pflichten zur Phosphorrückgewinnung gemäß AbfKlärV

Abwasser- behandlungsanlagen	Ausbaugröße ≤ 50.000 EW	Ausbaugröße > 50.000 ≤ 100.000 EW	Ausbaugröße > 100.000 EW
aktuell	Bodenbezogene Verwertung möglich	Bodenbezogene Verwertung möglich	Bodenbezogene Verwertung möglich
in 2023	Berichtspflicht zu Maßnahmen der geplanten P-Rückgewinnung, zur bodenbezogenen Verwertung oder sonst. Entsorgung Pflicht zu Untersuchungen auf P-Gehalt (und basisch wirksame Stoffe)		
ab 01.01.2029	Bodenbezogene Verwertung möglich, von P-Rückgewinnungspflicht (≥ 2 % P) ausgenommen	Bodenbezogene Verwertung möglich, von P-Rückgewinnungspflicht (≥ 2 % P) ausgenommen	Bodenbezogene Verwertung nicht mehr zulässig P-Rückgewinnungspflicht (≥ 2 % P)
ab 01.01.2032	Bodenbezogene Verwertung ist weiterhin möglich, P-Rückgewinnungspflicht (≥ 2 % P)	Bodenbezogene Verwertung nicht mehr zulässig, P-Rückgewinnungspflicht (≥ 2 % P)	Bodenbezogene Verwertung nicht mehr zulässig, P-Rückgewinnungspflicht (≥ 2 % P)

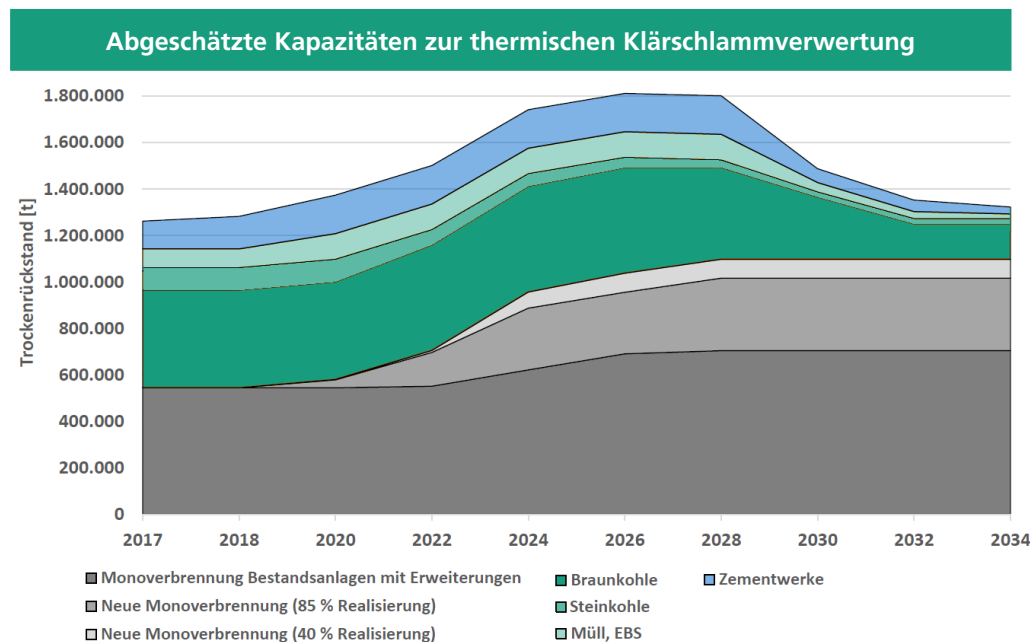
Ausgangssituation

Welche Verwertungswege ergeben sich nun?



Motivation und Zielstellung

Überblick über die thermischen Verwertungskapazitäten



Jahr	Gesamtbedarf	Gesamtkapazität	Saldo
2017	1.366.000	1.261.850	- 104.150
2018	1.475.000	1.282.350	- 192.650
2020	1.560.000	1.373.150	- 186.850
2022	1.580.000	1.500.395	- 79.605
2024	1.600.000	1.740.900	140.900
2026	1.620.000	1.811.130	191.130
2028	1.640.000	1.800.610	160.610
2030	1.645.000	1.487.340	- 157.660
2034	1.645.000	1.322.340	- 322.660

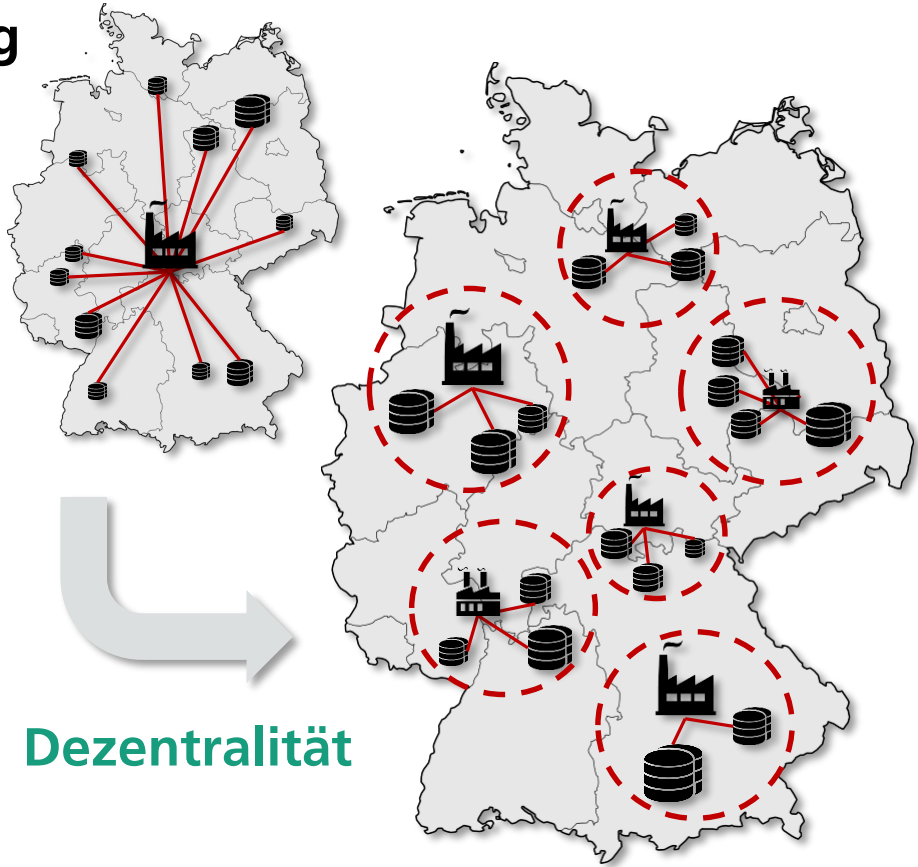
© nach Langenohl, Datengrundlage: Heidecke, Six und Lehrmann

Ziel: Sicherstellung der Verbrennungskapazitäten für Klärschlamm

Thermische Klärschlammverwertung

Sind dezentrale Konzepte sinnvoll?

- Unabhängigkeit vom Schlamm- und Entsorgermarkt, zukunftsichere und **kalkulierbare Betriebsführung** (derzeit viele Klärschlammausschreibungen ergebnislos)
- **optimale Anlagenanpassung** an Kläranlagenkonzept, Berücksichtigung der Klärschlammcharakteristika
- Bestimmte Feuerungstechnologien sind Stand der Technik, **Down-Scaling** durchaus möglich, auch **wirtschaftlich darstellbar**
- Vermeidung und **Einsparung von CO₂-Emissionen** durch keine oder verringerte Transportkosten
- Erstellung lokaler und regionaler KS-Behandlungskonzepte Grundvoraussetzung für wirtschaftliche Entsorgung



Phosphathaltige Reststoffe

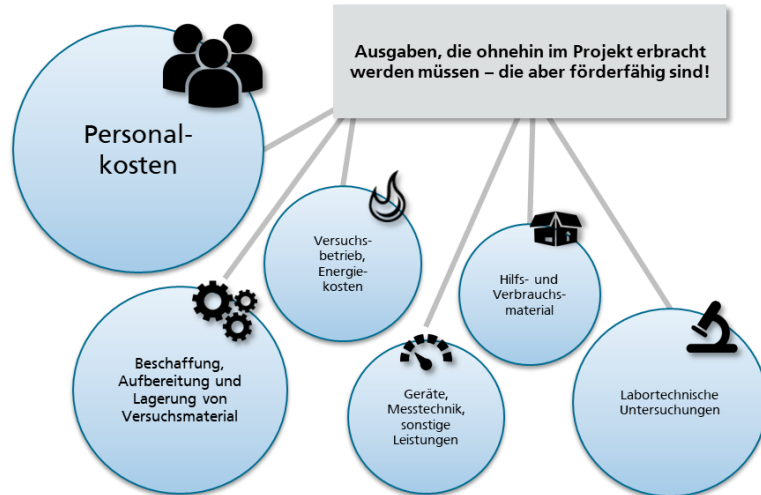
Klärschlamm, Tiermehl, Gärsubstrat

Klärschlamm	Tiermehl	Gärsubstrat
• entsteht bei der Abwasserbehandlung • Gemisch aus Wasser, Feststoffpartikeln, Makromolekülen • P-Anteil: 0,2 bis 5,5 % bei ca. 30 % TS  © Umweltministerium Baden-Württemberg	• Produkt aus Verwertung tierischer Nebenprodukte • Verwertung von Kadavern und Schlachtabfällen • P-Anteil: 3 bis 12 % bei ca. 90 % TS  © Fraunhofer IFF	• fester und flüssiger Rückstand aus Vergärung von Biomasse • Unterscheidung in NawaRo- und Bioabfallgärreste • P-Anteil: variiert stark aufgrund der Zusammensetzung  © BTA International

Forschung für die Zukunft!

Projektvorhaben

„Verfahrensentwicklung zur (Co)-Verbrennung von organischen, phosphorreichen Reststoffen zur Schadgasemissionsminderung unter dem Aspekt der stofflichen und energetischen Ressourceneffizienz“



 **Fraunhofer**
IFF

Industriepartner

Forschung für die Zukunft!

Projekinhalt

Arbeitspaket 1

Standortanalyse und Potentialtools

Arbeitspaket 2

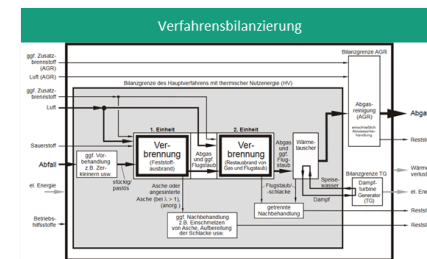
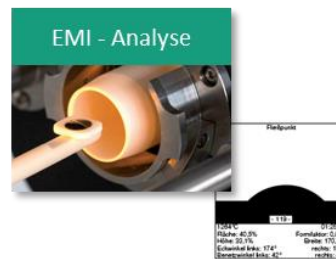
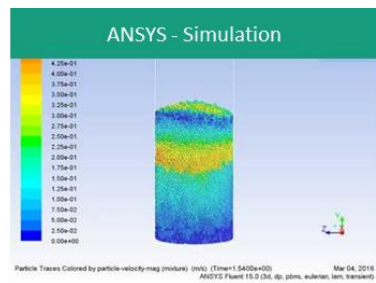
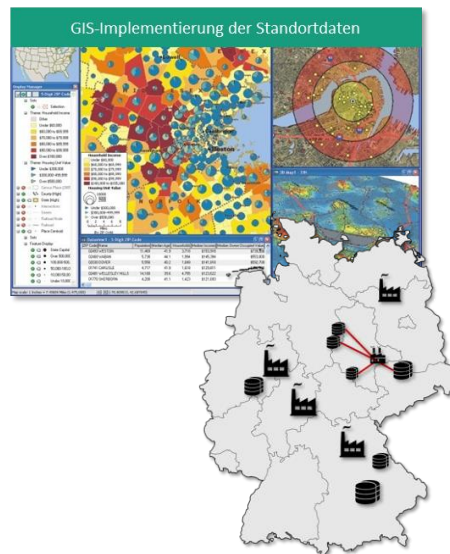
Supportsystementwicklung

Arbeitspaket 3

Erforschung des (Co-)Verbrennungsverfahrens und versuchstech. Untersetzung

Arbeitspaket 4

Entwicklung des Vorserienverfahrens



Marktpotential

Standortbeispiele

Ausgangssituation für Beispielstandort 1 (GE):

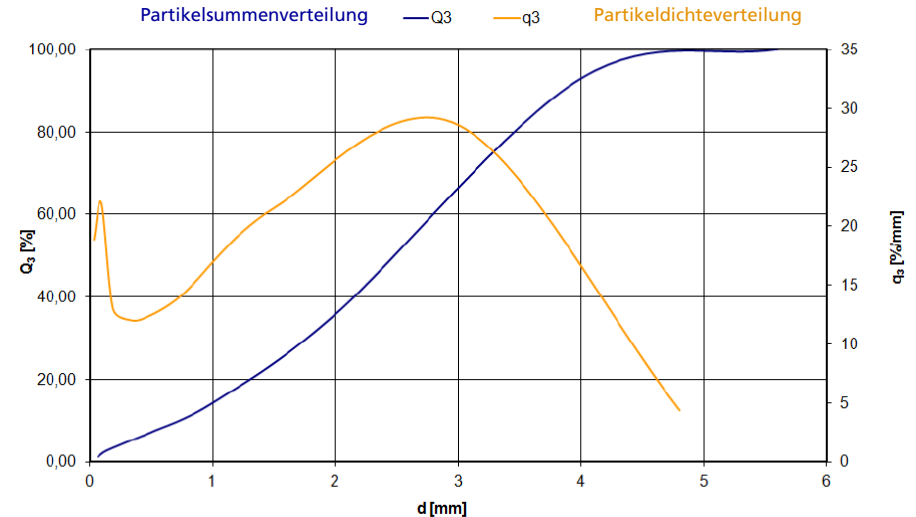
- Kläranlage mit ca. 18.000 t/a ausgefaultem Klärschlamm bei einem TS-Gehalt von 22 Ma.%, Nutzung der Abwärme u.a. für die Trocknung des Klärschlammes

Immediatanalyse (af)	Einheit	Klärschlamm 1	Klärschlamm 2	Mittelwert
Wasser	Ma.-%	8,29	7,27	7,78
Asche	Ma.-%	39,95	36,47	37,62
Flüchtige	Ma.-%	47,09	50,56	48,06
Fester Kohlenstoff	Ma.-%	4,68	5,70	5,10
Heizwert (roh)				
oberer Heizwert	kJ/kg	10.653	11.441	11.048
unterer Heizwert	kJ/kg	9.555	10.286	9.922

Investitionskosten:

- für 2 MW FWL-Anlage ca. 5,2 Mio. € Gesamtinvestition, davon 35% Trocknung, 42% Verbrennung, 15% Rauchgasreinigung

Siebanalyse des eingesetzten Klärschlammes



Marktpotential

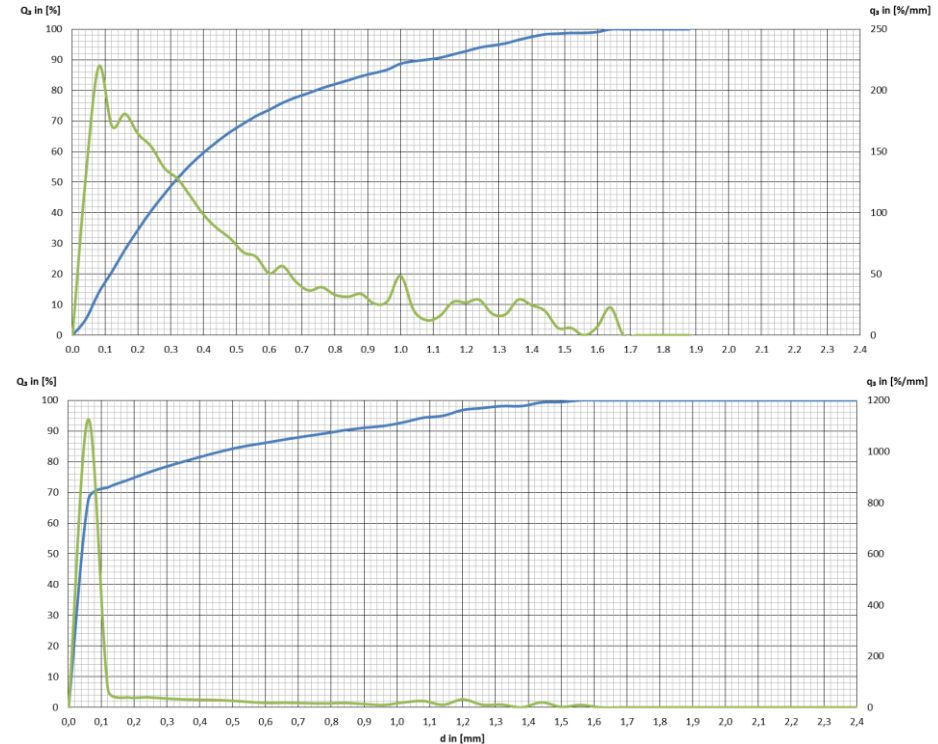
Standortbeispiele

Beispielstandort 2 (DS)

- Kläranlage mit anschließender Trocknung mit ca. 6.300 t TS/a
- Trocknung erfolgt indirekt mittels Scheibentrocknung > 90 % TS, Heizwerte: H_u mit 10.170 und H_o mit 11.310 kJ/kg (roh)
- bei angenommenen 8000h/a Reisezeit > 0,8 t TS/h Durchsatz

Beispielstandort 3 (ER)

- Kläranlage mit anschließender Trocknung mit ca. 5.600 t TS/a
- Trocknung erfolgt indirekt mittels Scheibentrocknung > 90 % TS, Heizwerte: H_u mit 11.500 und H_o mit 12.640 kJ/kg (roh)
- bei angenommenen 8000h/a Reisezeit > 0,7 t TS/h Durchsatz



Marktpotential

Wirtschaftlichkeitsrechnung

Beispielstandort 1 (GE)

- Staubfeuerung mit Trocknung und Wärmerückgewinnung
- Wirkungsgrad von 90 - 95%
- Entsorgungskosten bei 80€/t TS

Beispielstandort 2 (DS) und Beispielstandort 3 (ER)

- Staubfeuerungen mit entsprechender Wärmerückgewinnung, Einsatz einer Dampfturbine mit Abwärmeniveau von 150°C
- Entsorgungskosten bei Bsp. 2 mit 140-150€/t TS und Bsp. 3 mit 120€/t TS
- bei Wärmenutzung und entsprechender Stromvergütung liegen EK bei ca. 100€/t TS

Fazit

- die aktuellen Entsorgungspreise der thermischen, zentralen Monoverwertung für Klärschlamm liegen im Median bei 120€/t TS
- Preise werden in Zukunft weiter durch Kapazitätsverknappung ansteigen
- der Einsatz dezentraler Feuerungsanlagen kann eine mögliche Alternative sein

Zusammenfassung

Wie sieht die Zukunft aus?

- novellierten AbfKlärV seit dem 03.10.2017 in Kraft
- Konzepte zur geplanten Phosphorrückgewinnung müssen bis 2023 vorliegen
- Kapazitäten für die thermische Behandlung von Klärschlamm in den kommenden Jahren nicht ausreichend
- durch steigende Entsorgungskosten werden dezentrale Konzepte zunehmend wirtschaftlich im Vergleich zu zentralen Konzepten
- Unabhängigkeit vom Schlamm- und Entsorgermarkt, sowie die zukunftssichere und kalkulierbare Betriebsführung der Gesamtanlagen



© DPA

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR FABRIKBETRIEB UND -AUTOMATISIERUNG IFF

Sebastian Jentsch

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF
Forschungsfeld Konvergente Infrastrukturen (KIS)

sebastian.jentsch@iff.fraunhofer.de



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!