

18.03.2026 – Webinar R-Rhenania

Übertragbarkeit auf andere Regionen

Klärschlammasche-Monitoring Prognosen für weitere Umsetzungen in Deutschland

Hannes Herzel und Christian Adam

BAM-Fachbereich 4.4
Thermochemische Reststoffbehandlung und Wertstoffrückgewinnung

Rückblick:

1. Klärschlammasche-Monitoring 2012/13

- UFOPLAN-Projekt des UBA / BMUV
- 24 Monoverbrennungsanlagen beprobt
- Mehrheitlich 12 Monatsproben pro Anlage
- 57 Elemente analysiert (Matrix, Metalle, SEE)
- P-Löslichkeit: P_{NAC}
- Glühverlust, Restfeuchte

Bericht:

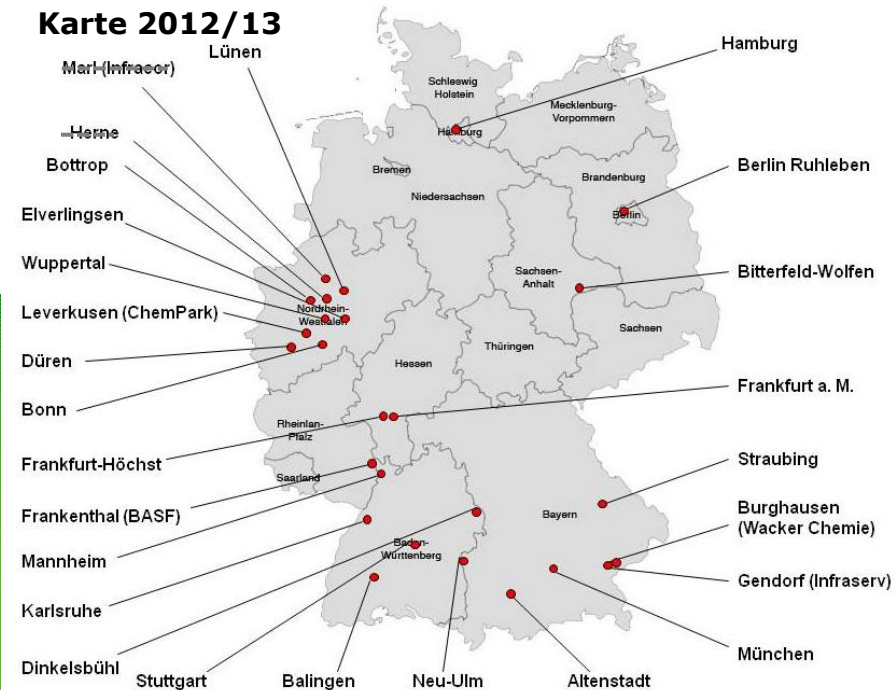
Krüger & Adam (2014)
UBA Texte 49/2014
(u.a. Jahresverläufe; alle Einzelwerte)

Publikationen:

Krüger et al. (2014) Environ. Sci. Technol.
Krüger & Adam (2015) Waste Management
Herzel et al. (2016) Sci. Total Environ.



Karte 2012/13



2. Klärschlammmasche-Monitoring ab 2022

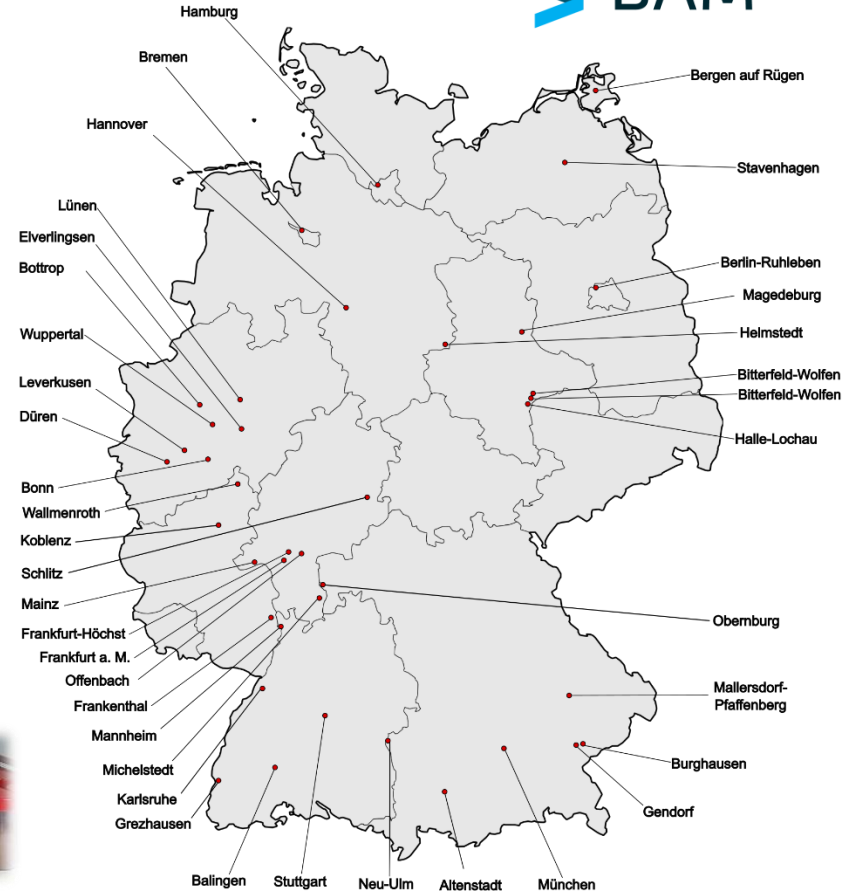
- 39 Anlagen auf der Karte (inkl. 6 industriell) inkl. 6 Inbetriebnahme und 1 im Bau
- 29 Anlagen bisher teilgenommen
- 3 Monatsproben meistens erhalten

Zielstellungen:

- Aktuelle chemische Zusammensetzungen und P-Löslichkeiten
- Veränderungen zu 2012/13

Analytik:

- Aufschlüsse für Matrix und Metalle:
 - Totalaufschluss mit $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4/\text{HF}$
 - Königswasser (DIN EN 16174 Verfahren B)
- P-Löslichkeiten: P_{NAC} ; P_{Citri} ; P_{wasser}
- Glühverlust, Restfeuchte
- Phasenanalytik und PFAS (möglich)



2. Klärschlammmasche-Monitoring ab 2022

- Teilnahme von allen Anlagen, die in Betrieb sind und repräsentative Aschen produzieren

Phosphor:

- P-Gehalt vergleichbar zum 1. Monitoring 2012/13 für Bestandsanlagen
- P-Löslichkeiten im erwarteten Bereich (P_{NAC} , P_{Citr} , P_{Wasser})

Schwermetalle:

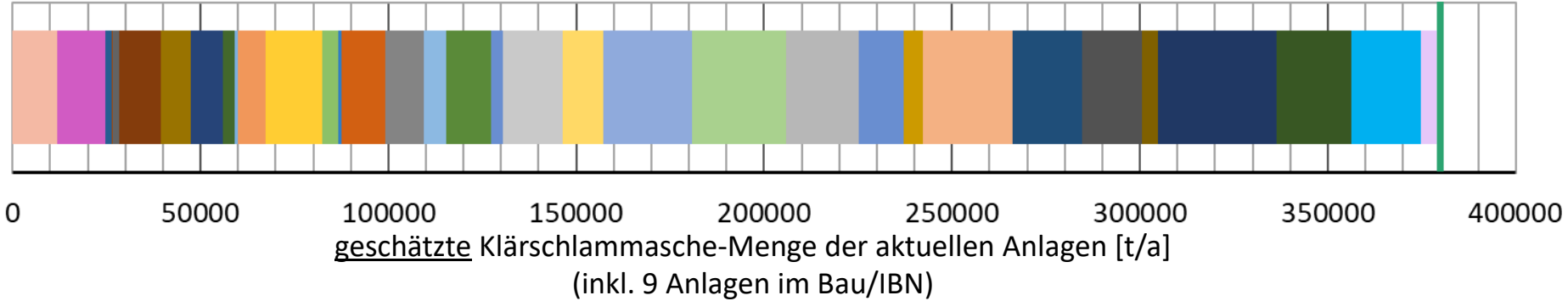
- Werte aus aktuellem Monitoring und altem Monitoring vergleichbar
u.a. Ni-Gehalte unverändert seit 2012/13
- Wahrscheinlich Abnahme der Pb-Gehalte seit 2012/13



Monoverbrennungsanlagen (KVA) in Deutschland mit P-Rückgewinnungspflicht



~ 380.000 t/a



Abschätzung der aktuellen Gesamt-Aschemenge von 34 KVA: ~380.000 t/a

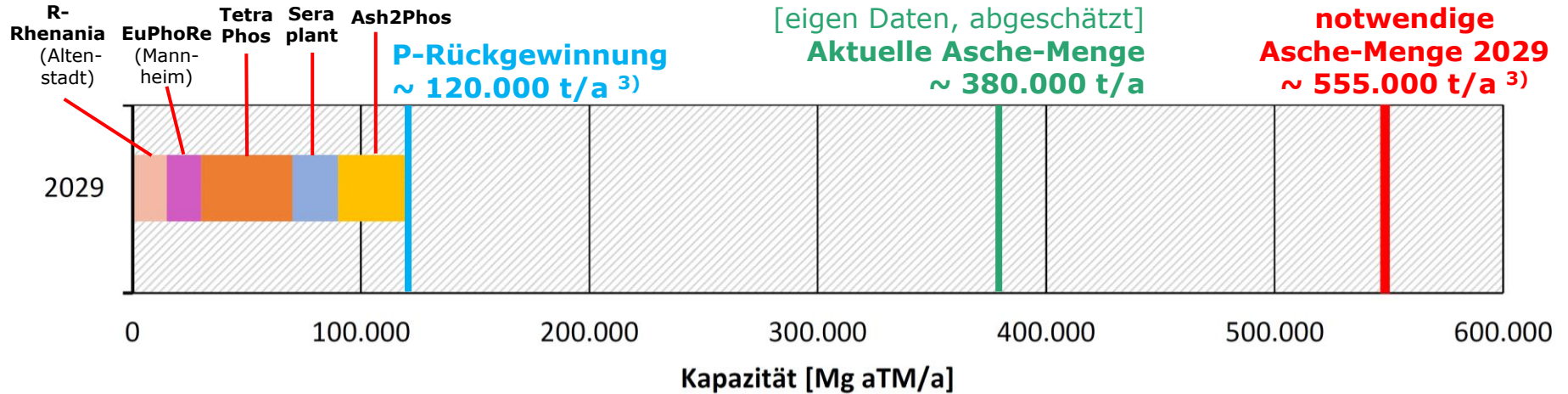
- Veröffentlichte Daten für KVA meistens nur für Kapazität Klärschlamm TM¹⁾ vorhanden → Abschätzen anfallende Aschemenge
- Berechnung: t/a Klärschlamm TM¹⁾ mit geschätzt 40% Glührückstand;
geschätzte Anlagenauslastung: ältere 75%; neuere 85%²⁾
- Reale Auslastung/Glührückstand kann abweichen, daher **Aschemengen als Orientierungswert**, weitere neue Anlagen könnten fehlen → Vertiefung der Zahlen notwendig
- Inkl. 9 Anlagen (65.000 t/a) im Bau/IBN: von 7 Anlagen Schlamm-Analysen / Prognosen der Aschen vorhanden
- ohne 2 Vergasungsanlagen
- ohne 5 Industrieanlagen (ca. 45.000 t/a): Burghausen, Frankenthal, Gendorf/Burgkirchen, Leverkusen, Obernburg/Eisenfeld

¹⁾ UBA Report 56/2025 Projekt EvKK (RWTH Aachen)

²⁾ UBA, Heidecke, DWA KlärschlammTage 03.06.25

Aktueller Stand P-Rückgewinnung Deutschland (größere Anlagen)

(Abbildung von Heidecke, UBA, 2. Branchendialog 10.10.25)



P-Rückgewinnung bis 2029:

- P-Rückgewinnungsverfahren für ~555.000 t/a p-rückgewinnungspflichtige Aschen benötigt (UBA; Heidecke; 10.10.25)
→ Voraussichtlicher Neubau von Verbrennungsanlagen für Produktion von >150.000 Asche t/a
- Bisher 120.000 t/a Asche in P-Rückgewinnungsverfahren bis 2029 (UBA; Heidecke; 10.10.25)
- ~ 20% der zukünftigen Aschen in P-Rückgewinnungsverfahren bis 2029

Thermochemische Verfahren können die P-Rückgewinnungslücke verkleinern

Thermochemische Behandlung von Klärschlamm

Klärschlamm + Na/K-Additiv

→
>850°C für 20min

P-Dünger

- Möglich für Verbände/Kommunen mit bisher keiner thermischen Klärschlamm-Verwertung
- Geeignet für Klärschlämme mit geringen Schwermetall-Gehalten
- Hemmnis: bisher DüMV nicht angepasst
- Nach dem Vorbild vom R-Rhenania Verfahren in Altenstadt
- Bau einer weiteren Rostfeuerung unwahrscheinlich
- geeignete Aggregate Drehrohrofen oder Paddelofen



Thermochemische (Nach-)Behandlung von Klärschlammmaschen

Klärschlammmasche + Na/K-Additiv

→
>850°C für 20min

P-Dünger

- Für alle Klärschlammmaschen mit geringen Schwermetall-Gehalten
- Erprobtes Verfahren im Drehrohrofen: AshDec
- Neues Verfahren im Paddelofen: Canaphos



Thermochemische Nachbehandlung von Klärschlammmaschen

Verfahrensname **Canaphos**

Standort: Veitshöchheim (bei Würzburg)

Anlagenbauer: Michaelis GmbH & Co. KG.

Produktvertrieb: sePura GmbH

Inbetriebnahme: Q4/2026 - Q1/2027

Annahme: Klärschlammasche

Kapazität: 15.000 t/a Asche

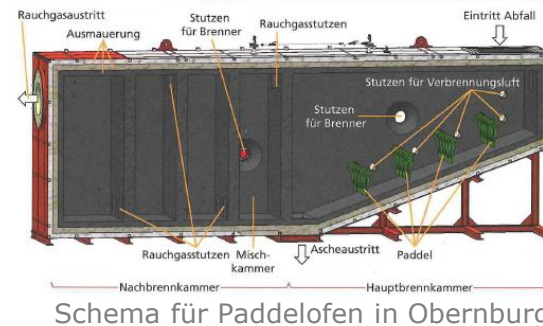
Produkt: P-Dünger

Aggregat: Paddelofen

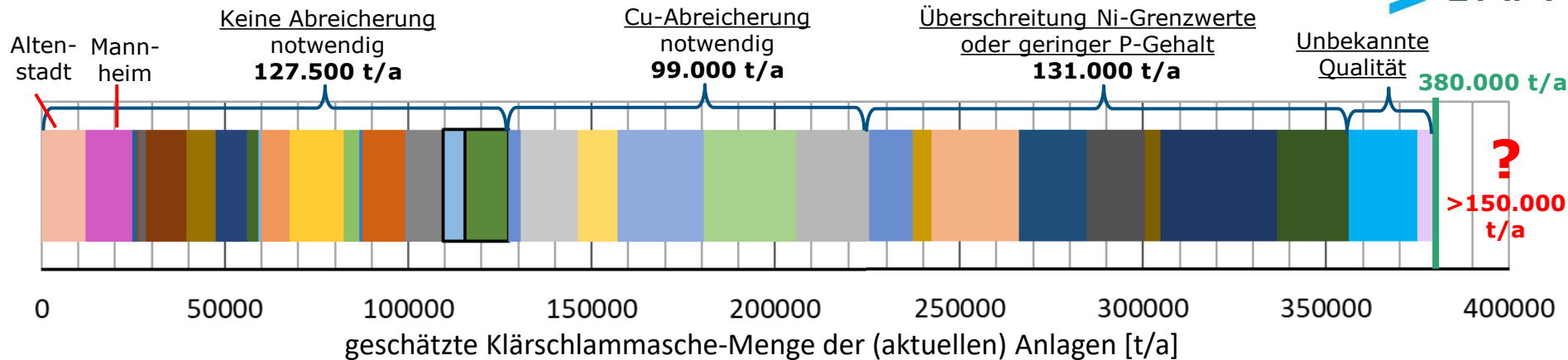
Energiekonzept: vorwiegend elektrisch (u.a. PV),
Abwärmenutzung,
geringe Erd-(Bio-)Gasnutzung

Metall-Entfrachtung: As, Cd, Hg, Pb, Tl, optional Cu und Zn

→ **Großtechnische Demonstrationsanlage**
Weitere Umsetzungen angestrebt



Einteilung der KVA nach Schwermetalle-Kategorien



~ 127.500 t/a Asche mit Metall-Gehalten nach DüMV konform
inkl. zweier Anlagen mit Ni um 80 mg/kg (schwarz umrandet)

- geeignet für thermochemische und weitere Verfahren ohne Metallabreicherung zur Düngerproduktion
- Viele Umsetzungen bis 2029 möglich

~ 99.000 t/a Aschen mit Metall-Gehalten nach DüMV konform, aber mit Cu über Grenzwert 900 mg/kg
→ geeignet für thermochemische Verfahren mit geplanter Cu-Abreicherung (Canaphos) und weiteren Verfahren

~ 131.000 t/a höher belastete Aschen nicht für thermochemische Verfahren geeignet → nasschemisch notwendig

Wie ist die chemische Zusammensetzung der geplanten Neuanlagen für die zukünftigen > 150.000 t/a Asche ?
Vorwiegend als Wirbelschichtanlagen geplant → thermochemische Nachbehandlung?

Für (kleinere) Verbände auch thermochemische Behandlung vom Klärschlamm im Drehrohr-/Paddelofen möglich
→ Beschleunigung der Umsetzungen, wenn geplante Anpassung der DüMV kommt

Thermochemische Verfahren zur Herstellung von CaNaPO_4 -haltigen Düngern

- ✓ Verfahren zur thermochemischen Behandlung von Klärschlämmen und -aschen
 - ✓ Behandlung von Klärschlamm energieautark (geringer Energieüberschuss möglich)
 - ✓ Behandlung von Asche: geringer fossiler Energieverbrauch (Nutzung PV + Abwärme)
 - ✓ Einsatz ungefährlicher Chemikalien (Alkali-Additiv wie Na_2CO_3)
 - ✓ Keine Nebenprodukte
 - ✓ Entfernung aller organischen Schadstoffe
 - wichtige Voraussetzung: Ni-Gehalte unterhalb der Düngemittel-Grenzwerte
 - ✓ Abreicherung der Schwermetallgehalte wie As, Cd, Hg, Pb, Tl (optional Cu, Zn) durch Abtrennung über das Abgas
 - ✓ Potential für integrierte Varianten im Drehrohr-/ Paddelofen (keine Wirbelschicht)
 - ✓ Nachgeschaltete Varianten ideal für bestehende Wirbelschichten (vor Ort oder Dienstleistung)
 - ✓ Anlagengrößen: 10.000 - >30.000 t/a Klärschlammasche
 - ✓ Schneller Aufbau von thermochemischer Nachbehandlung innerhalb von 2-3 Jahren möglich
 - ✓ Realistisches Potential: 25% des Marktes abzudecken
- **Großes Potential für weitere Umsetzungen in Deutschland**

Bis 2029 können wir mehr P-Anlagen haben, als bisher angenommen.

Die Umsetzungen müssen wir gemeinsam forcieren.

München 4.-7.5: IFAT am DWA & DPP-Stand
Hannover 16.6: Transferevent RePhoR



Dr. Hannes Herzel
Bundesanstalt für
Materialforschung und -prüfung
030 8104-5680
hannes.herzel@bam.de

www.bam.de/r-rhenania
www.bmbf-rephor.de

