

R-Rhenania – Thermochemische Verfahren zur Herstellung von Recyclingdünger aus Klärschlamm und Klärschlammmasche

Christian Adam | Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

Johann Emter | Emter GmbH



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

RePhoR
REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

BAM

EMTER

sePura.
Wir machen was draus.
Intelligente Lösungen für Industrie und Landwirtschaft.

Metso

INSTITUT FÜR
BAUSTOFF
FORSCHUNG

FEHS

LfL
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

KWB
Kompetenzzentrum
Wasser Berlin

UNIVERSITÄT
BONN

Hintergrund und Ziele

Klärschlamm

- ca. 1,6 Mio Tonnen pro Jahr (D)
- Hohe P-Gehalte 2-5%
- Schadstoffsенке

(Medikamente, Schwermetalle
PFAS, Mikroplastik, etc.)

- Klärschlamm ist kein geeigneter Dünger
- Aber, Kreislaufführung für Phosphat wichtig
- Neuregelung AbfKlärV ab 2029:
 - KS großer KA nicht mehr auf das Feld
 - P-Rückgewinnung vorgeschrieben

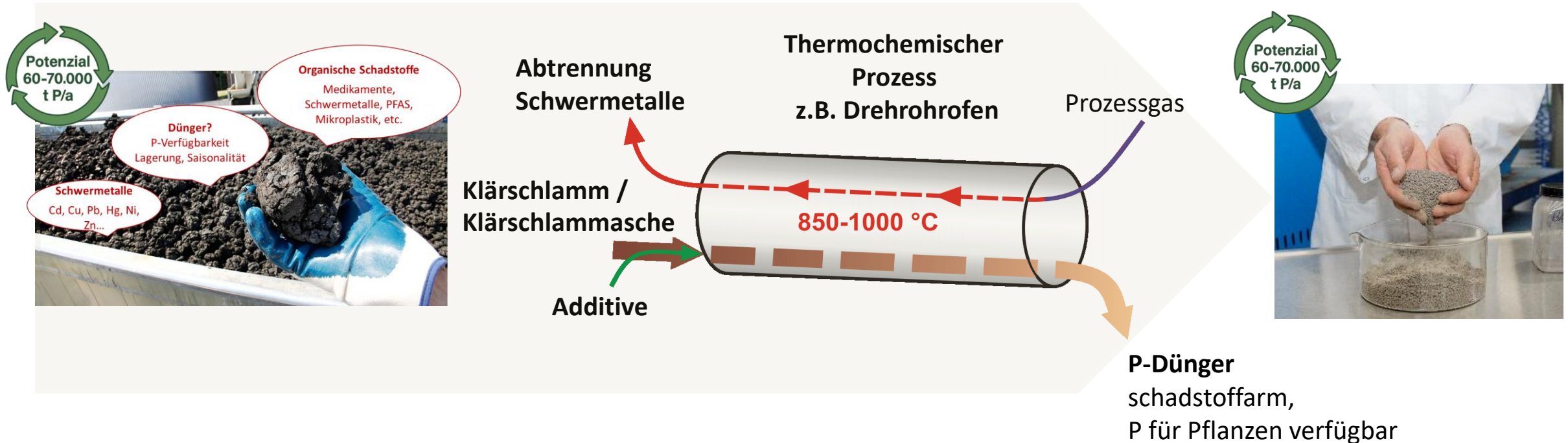


https://www.nw.de/lokal/kreis_minden_luebbecke/espelkamp/22868767_Neue-Klaerschlam-Anlage-Oekologisch-wertvolle-Flaeche-kann-entstehen.html

Hintergrund und Ziele

Ansatz Rhenania

- Organische Schadstoffe thermisch zerstören (800 – 1000°C)
- Schwermetalle entfernen (Verdampfung unter reduzierenden Bedingungen oder als Chlorid)
- Phosphate mit hoher Düngewirkung erzeugen (Bildung von CaNaPO_4 – CaKPO_4)



Umsetzung eines thermochemischen Verfahrens zur Herstellung von Recycling-Phosphat-Dünger aus Klärschlamm oder Klärschlammmasche

- **Errichtung / Betrieb einer großtechnischen Demonstrationsanlage**
 - Umsetzung an der Monoverbrennung der Emter GmbH, Altenstadt, Bayern
 - Betriebsoptimierung und Monitoring
 - Kapazität für 15.000 t/a P-Recyclingdünger
- **Übertragbarkeit auf weitere Regionen**
 - Klärschlammmasche Monitoring (D, EU)
 - Prozesse für Aschen mit höherer Schwermetallbelastung
 - Auslegung einer großtechnischen Anlage für andere Region
- **Qualität der P-Rezyklate**
 - Chemisch-/mineralogische Untersuchungen
 - Gefäß und Feldversuche zu Düngewirkung / Pflanzengesundheit
 - REACH-Zulassung und Fokus ökologischer Landbau
- **Evaluierung und Lebenszyklusanalyse**
 - Ökobilanzierung
 - Wirtschaftlichkeitsbetrachtung



Metso

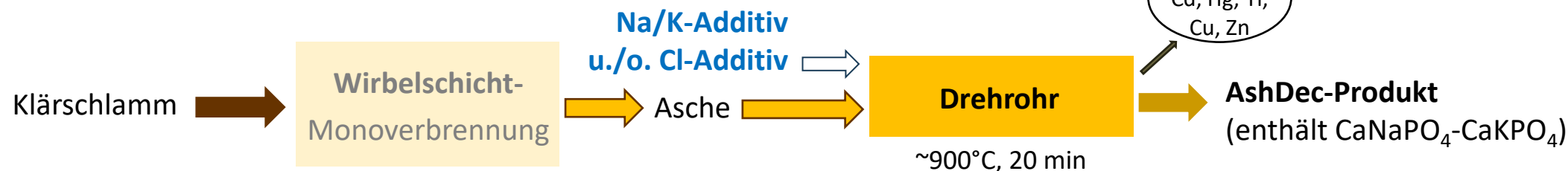
sePura.
Wir machen was draus.
Intelligente Lösungen für Industrie und Landwirtschaft.



KWB
Kompetenzzentrum
Wasser Berlin

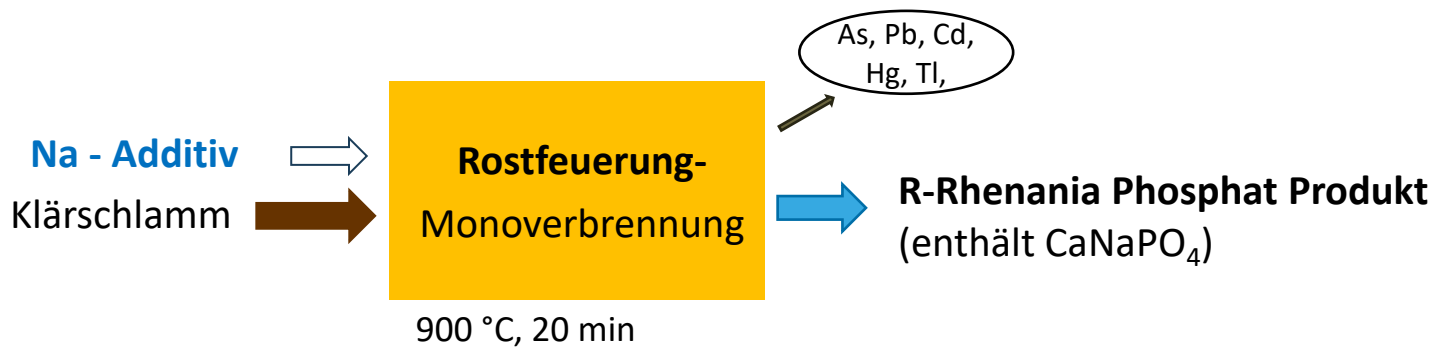
2 Verfahrensansätze

Verfahren **AshDec** mit nachgeschaltetem Drehrohrofen



**Demo-Kampagnen
2018, 2020**

Verfahren **R-Rhenania** direkt in der Rostfeuerung (Altenstadt)



**Demo-Kampagne
Mai 2022**

**Inbetriebnahme
2025**

Versuchskampagne Mai 2022

Rostfeuerung Altenstadt

Verfahren **R-Rhenania**

auf einer Linie der Verbrennungsanlage
(im laufenden Betrieb der Rostfeuerung)

Dauer: 4 Tage (>100 h)
 Probenahme: alle 4 Stunden
 (Eintrag und Austrag)
 Additiv: Na_2CO_3 (Variation Dosierung)
 Temperatur: 900 °C
 Verweilzeit: mind. 20 min
 Eintrag: ~ 3,0 t/h TM Klärschlamm
 Produktaustrag: ~ **1,0 t/h**
 ~ **100 t Gesamtmenge**

Na-Additiv
Klärschlamm



**Rostfeuerung-
Monoverbrennung**

(900 °C, 20 min)



Produkt
(enthält
 CaNaPO_4)



Additivzugabe



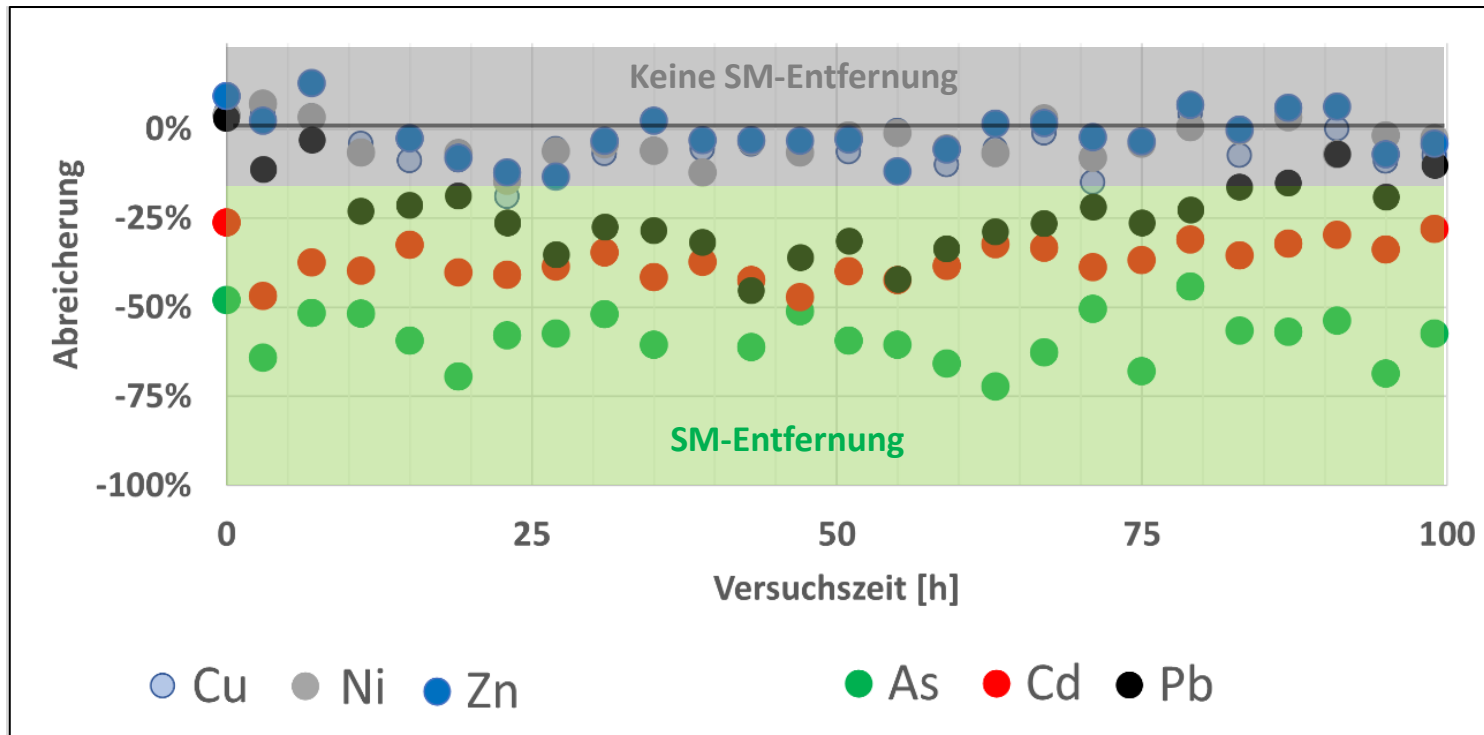
Rostfeuerungslinie



Produkt
R-Rhenania
Phosphat

Versuchskampagne Mai 2022

Ergebnisse: Schwermetallentfernung



Massenbilanzen Edukt/Produkt

Ergebnisse Kampagne 2022

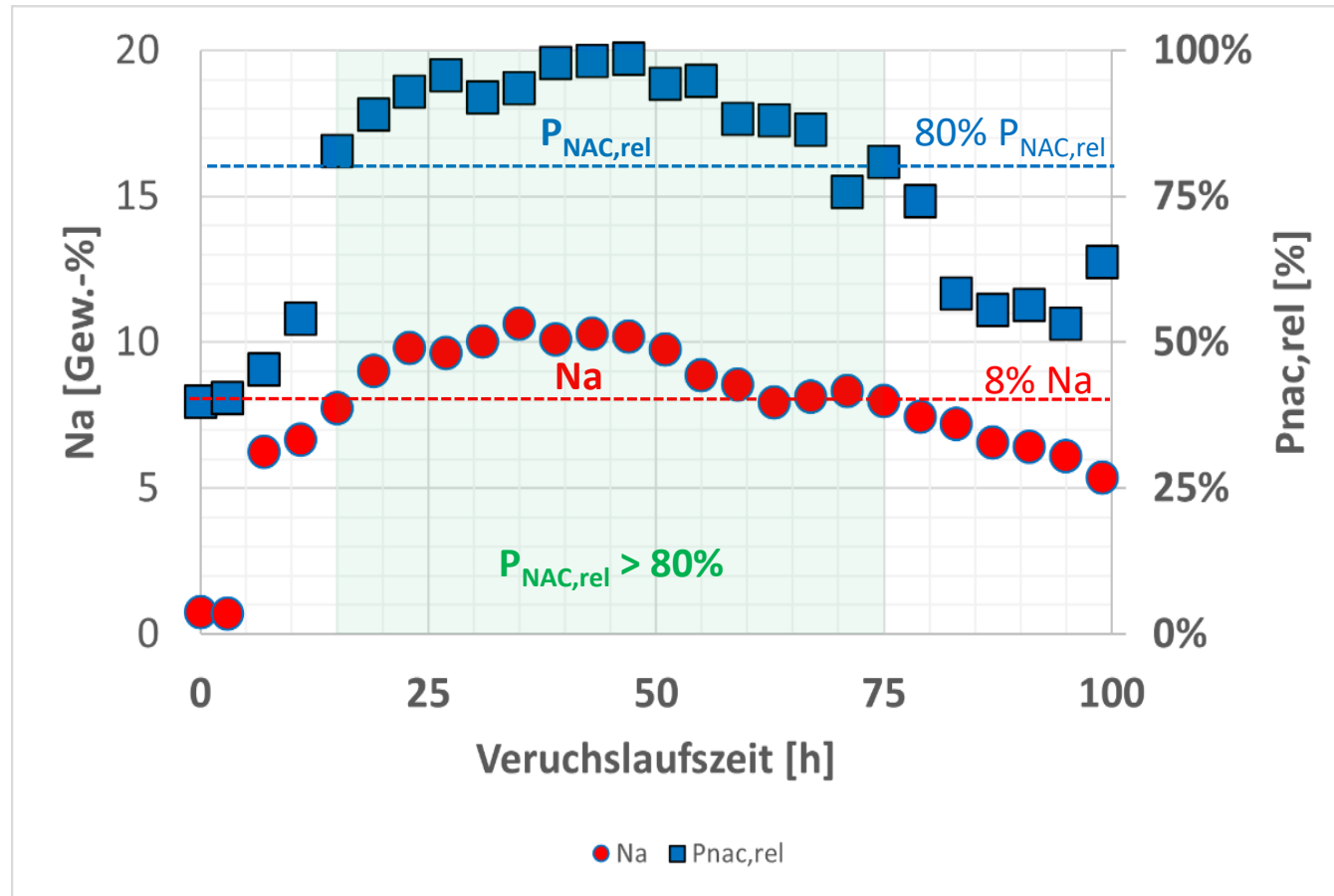
- Keine Entfernung von: Cu, Cr, Ni, Zn
- Entfernung von: As, Cd, Hg, Pb, Tl
- Maximale SM-Entfernung Kampagne: As 70%, Cd 45%, Pb 40%

Allgemein

- Asche Altenstadt ist DüMV-konform
- Zusätzliche SM-Entfernung durch R-Rhenania Betrieb möglich
- Kampagne 2022 war nicht auf SM-Entfernung optimiert
- Optimierungspotenzial wird untersucht

Versuchskampagne Mai 2022

Ergebnisse: Na-Gehalt und P-Löslichkeit des Produkts

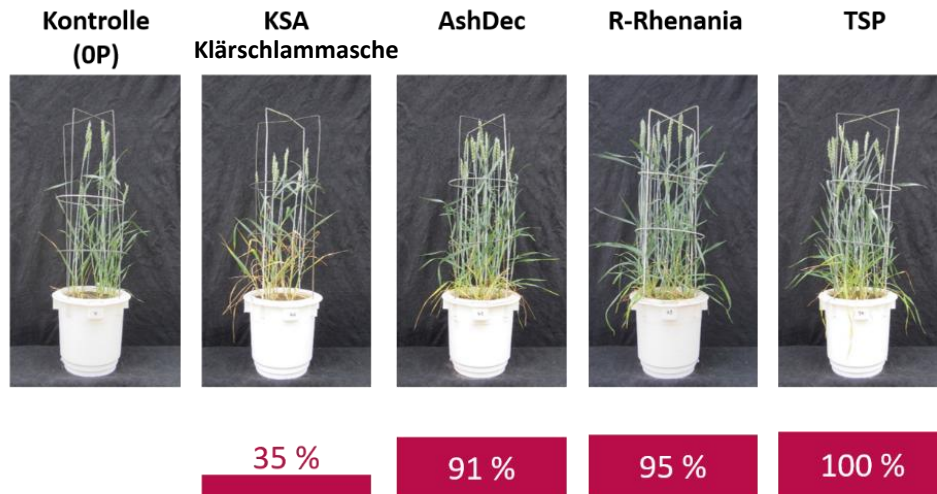


Ergebnisse Kampagne 2022

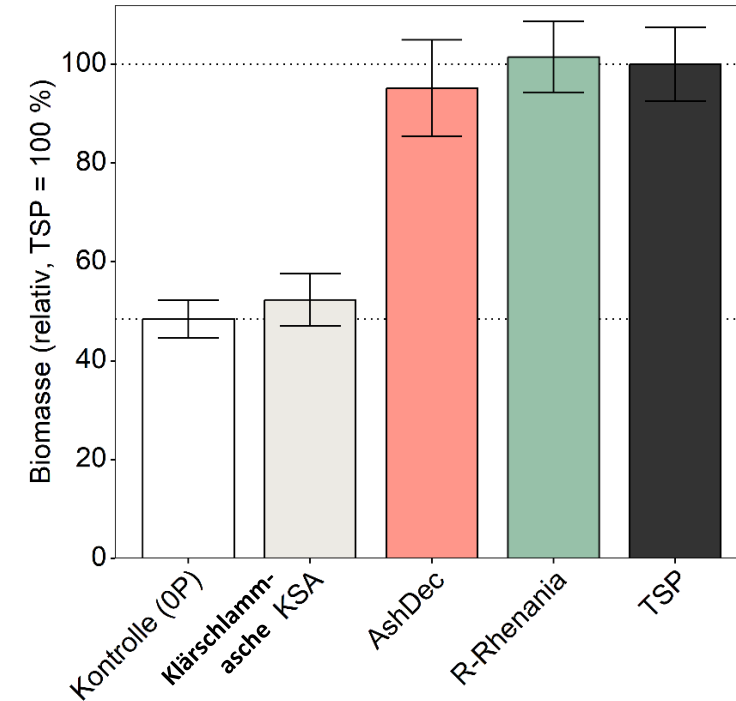
- P_{NAC,rel} erhöht durch Dosierung von Na₂CO₃
- Steigerung von 40% auf 100%
- Plausibler Verlauf:
 Na > 10 % korreliert mit P_{NAC,rel} > 95%
 Na > 8 % korreliert mit P_{NAC,rel} > 80%

P_{NAC,rel}: Indikator für die Pflanzenverfügbarkeit
 (Löslichkeit in Neutralammoniumcitrate-Lösung bei 65°C/1h)

Gefäßversuche 2023 - Ergebnisse



P_{NAC} -Löslichkeit



- Unbehandelte Klärschlammasche hat keine Düngewirkung
- AshDec und R-Rhenania vergleichbare Düngewirkung wie Struvit (nicht gezeigt) und konventioneller Dünger TSP
- Gute Korrelation zwischen Düngewirkung und P_{NAC} -Löslichkeit

Zusammenfassung/Fazit 3-jährige Fruchtfolge



Silomais

P-Ertrag Siloreife: alle Varianten besser als Kontrolle

Winterroggen

Struvit, Ashdec und TSP (3x) höhere Erträge als Kontrolle

Kleegras

Höhere P-Erträge bei TSP und Ashdec (3x) als Kontrolle

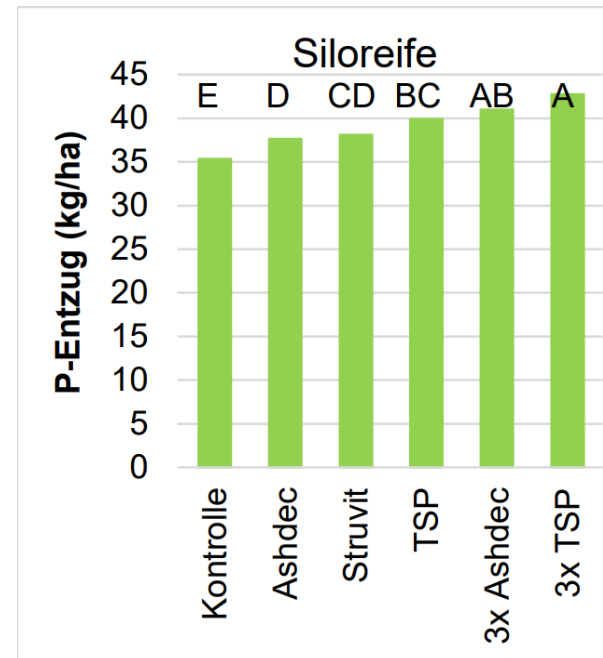
Boden

Höherer P-Gehalt zu Versuchsende bei TSP und Ashdec (3x) als Kontrolle

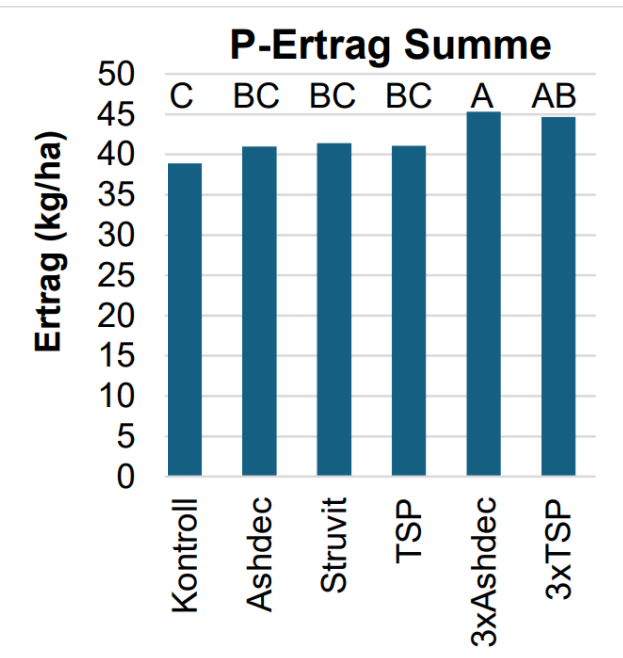
Allgemein: Kaum Unterschiede zwischen Ashdec, Struvit und TSP



Silomais



Kleegras



Zusammenfassung

Thermochemisches Produkt R-Rhenania / AshDec

- CaNaPO_4 ist die düngewirksame P-Komponente
 - P-Gehalt: 8-10 Gew.-%
 - P_{NAC} -Löslichkeit: bis 100% möglich
 - P-Wasserlöslichkeit: gering (<2%)
- Bestätigung der hohen Düngewirkung durch Gefäß- und Feldversuche
- erfüllt Anforderungen für Düngemittel nach D und EU-Recht
- REACH-Zulassung in 2026 → Dünger in D / EU vermarktbar
- Ideale Anwendung im ökologischen Landbau



	R-Rhenania Produkt	DüMV ¹⁾	EU ⁴⁾ 2019/1009
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
As	8,4	40	40
Cd	0,2	10,3 ²⁾	12,4 ²⁾
Cr	90	300 ³⁾	
Cu	520	900	600 ⁵⁾
Hg	0,4	1	1
Ni	50	80	100
Pb	23	150	120
Tl	<0,1	1	
Zn	1750	5000	1500 ⁵⁾

¹⁾ DüMV – Anlage 1 Abschnitt 4.1.1 für Cu und Zn; Anlage 2 Tabelle 1.4 für As, Cd, Cr, Hg, Ni und Pb

²⁾ Grenzwert für Cd: 50 mg Cd/P₂O₅ in DüMV;
60 mg Cd/P₂O₅ berechnet für 9% P

³⁾ Kennzeichnungswert

⁴⁾ EU-Düngemittelverordnung (EU, 2019/1009):
Anhang I Teil II PFC 1 (C)(I)

⁵⁾ „Diese Grenzwerte gelten jedoch nicht, wenn [...] absichtlich Kupfer (Cu) und Zink (Zn) zugesetzt wurde [...]“: Teil II PFC 1 (C)(I) 3.

Zusammenfassung Umsetzung in Altenstadt

- Erfolgreiche Umsetzung des R-Rhenania Verfahrens in Altenstadt
- 2024: Integration der Additiv-Dosierung
- 2025: Bau eines Silos für Additiv Na_2CO_3
und einer Lagerhalle für R-Rhenania Produkt
- Produktionskapazität von 15.000 t R-Rhenania Produkt
- Aktuell die größte betriebsbereite P-Recyclinganlage in D
- Keine zusätzlichen Kosten für die Kommunen



Eröffnungsfeier Industrieanlage Emter GmbH

16. Oktober 2025, Altenstadt



Bildrechte: BAM

EUWID Recycling und Entsorgung

News

Wirtschaft

Phosphorrückgewinnung: Betriebsstart für R-Rhenania-Anlage bei Emter in Altenstadt

EUWID +

16.10.2025

|

Volker Leise

|

ca. 3 Min

|

Erschienen in Ausgabe 43/2025

Merken



Im oberbayerischen Altenstadt ist heute die Anlage des Verbundprojekts R-Rhenania zur Herstellung von Phosphatdünger aus Klärschlamm-Monoverbrennungsaschen in Betrieb gegangen. Damit wird das von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) entwickelte Verfahren bei der Emter GmbH erstmals großtechnisch umgesetzt, teilte die Behörde mit. Das Produkt R-Rhenania Phosphat erfülle bereits heute die Anforderungen der Klärschlammverordnung, die ab 2029 eine verpflichtende Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm vorsieht.

Doris Kotter-Bosnjak / BAM

Gruppenbild von der heutigen Inbetriebnahme der Anlage in Altenstadt mit dem bayerischen Wissenschaftsminister Markus Blume (6. von rechts)

tagesschau

tagesschau24 live

Startseite

Inland

Regional

Bayern

Altenstadt: Größte deutsche Phosphor-Recyclinganlage gestartet

AUDIO

Altenstadt: Größte deutsche Phosphor-Recyclinganlage gestartet

Stand: 16.10.2025 15:32 Uhr

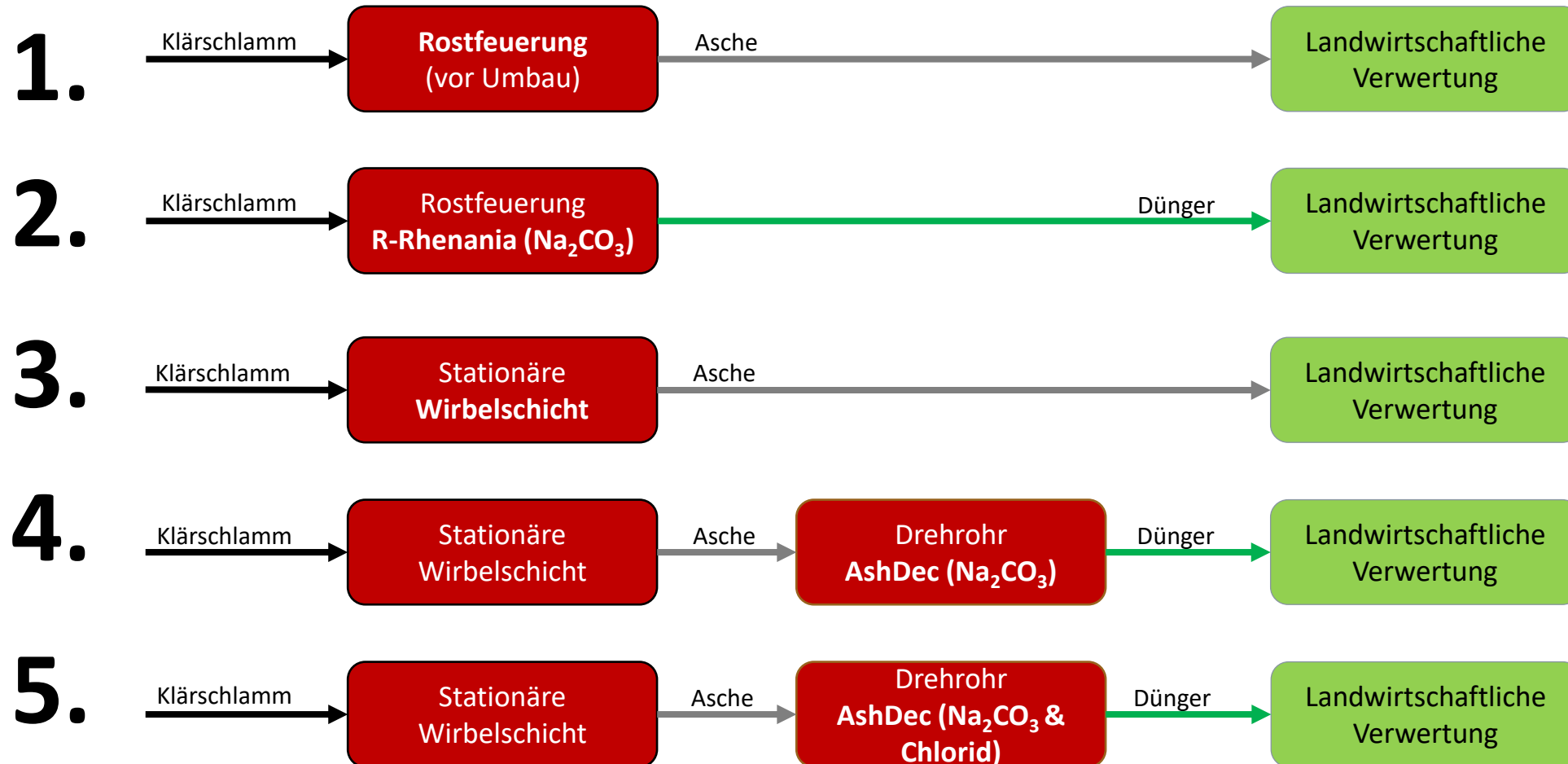


3 Min

BR Quelle: br

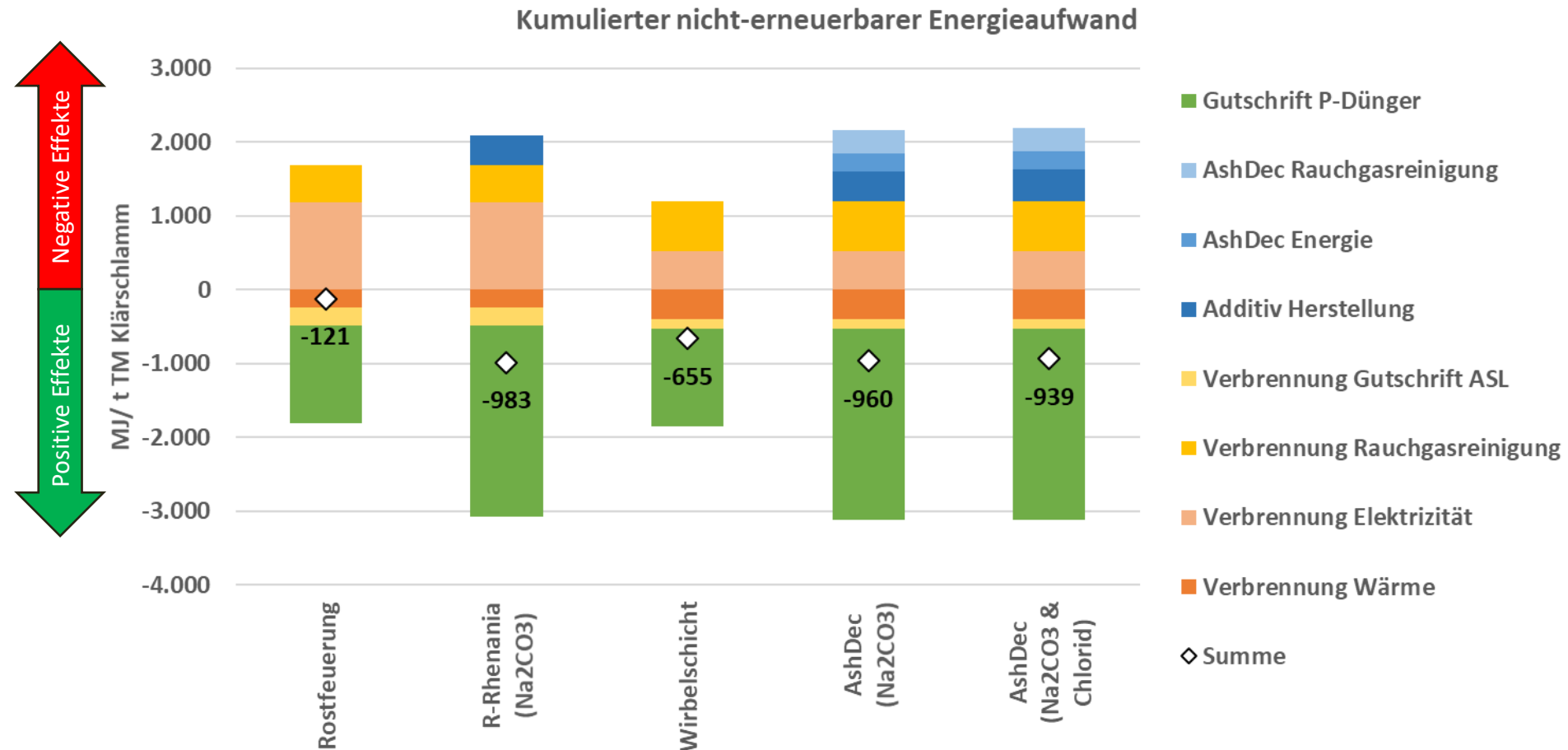
Ökobilanzielle Untersuchungen

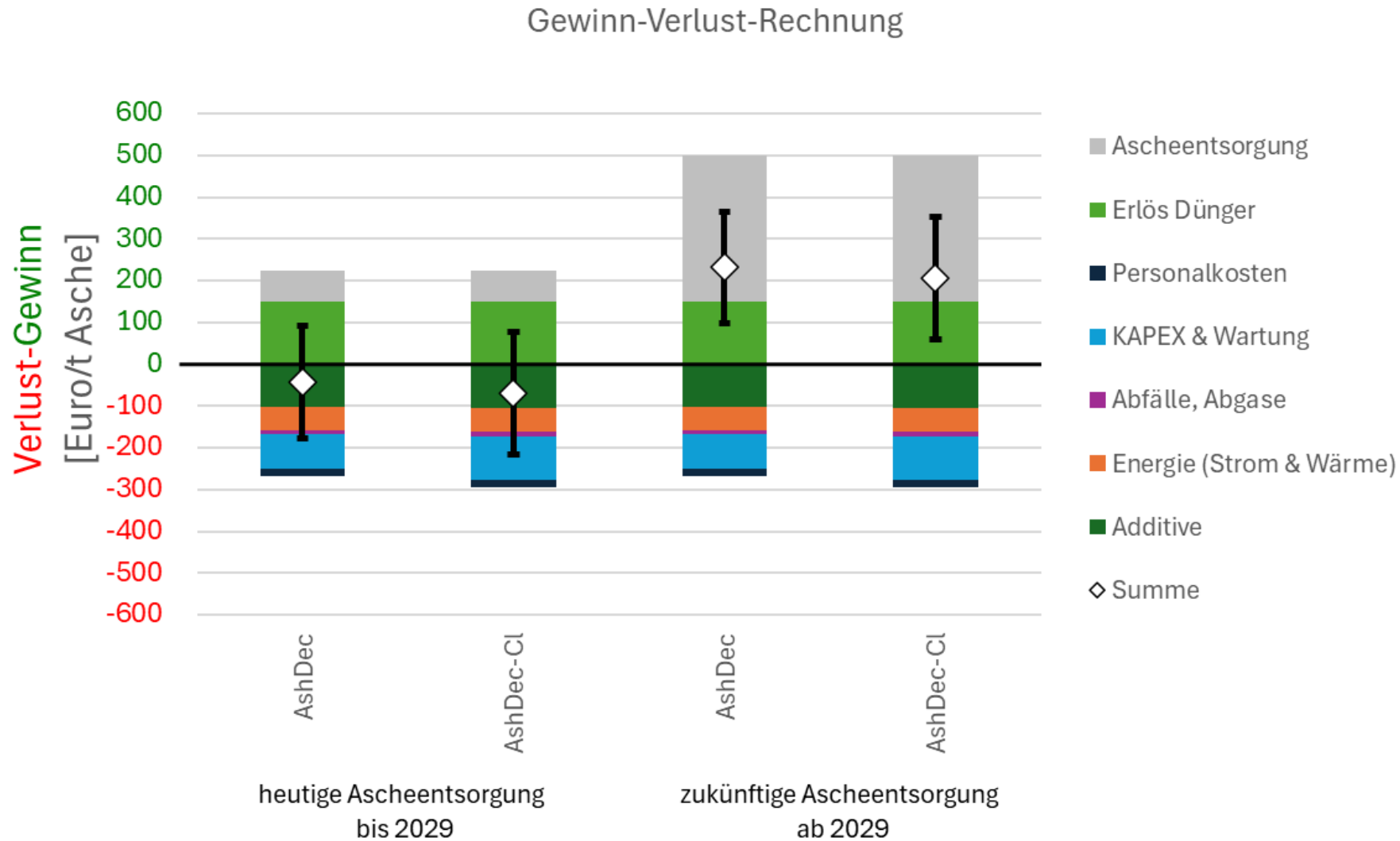
Betrachtete Szenarien

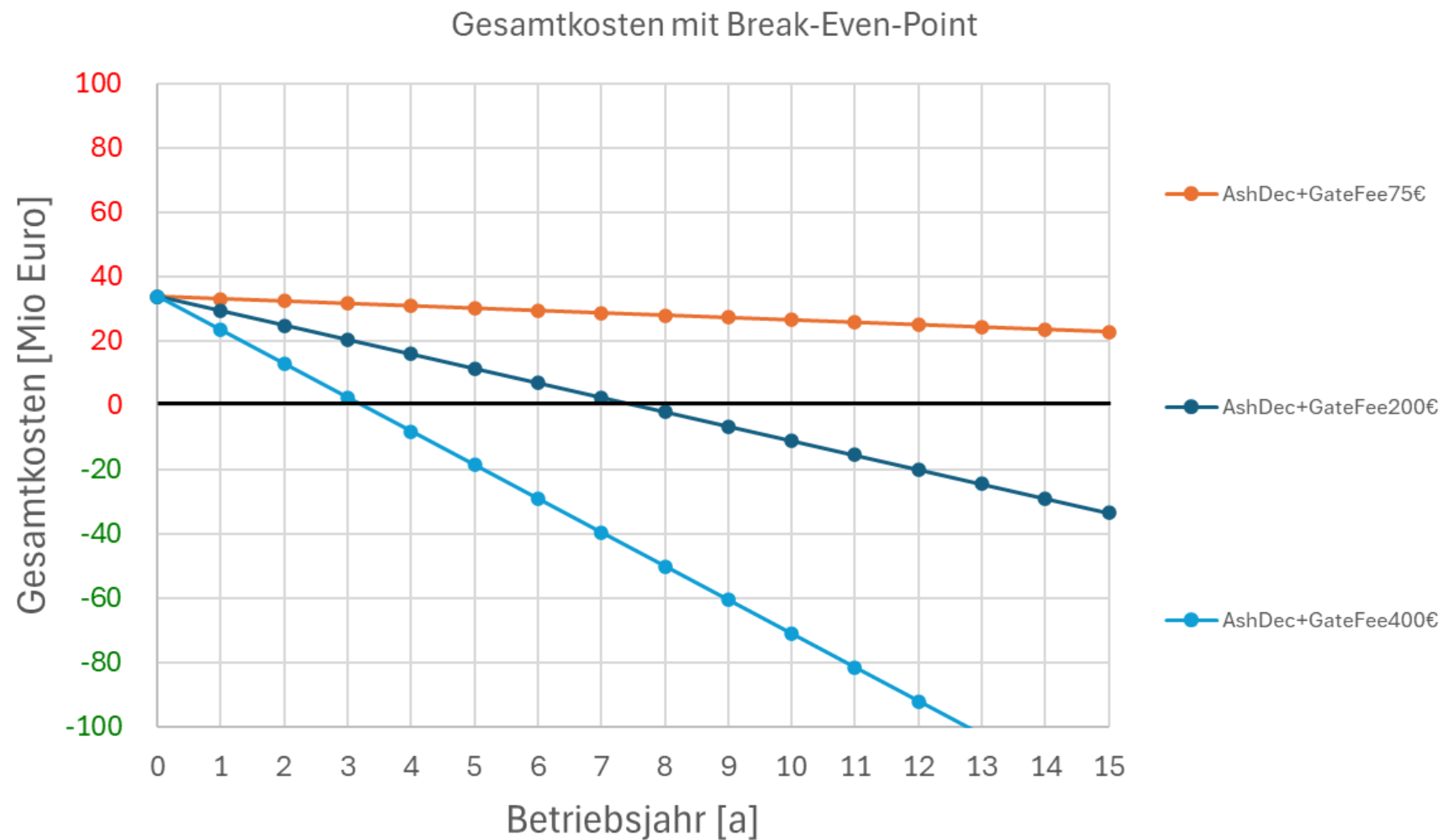


Ökobilanzielle Untersuchungen

Kumulierter Energieaufwand, nicht-erneuerbarer (CED_{nr}) – [MJ/t TM Klärschlamm] → Kohle, Gas, Öl, Uran







Weitere Verbreitung des Verfahrens

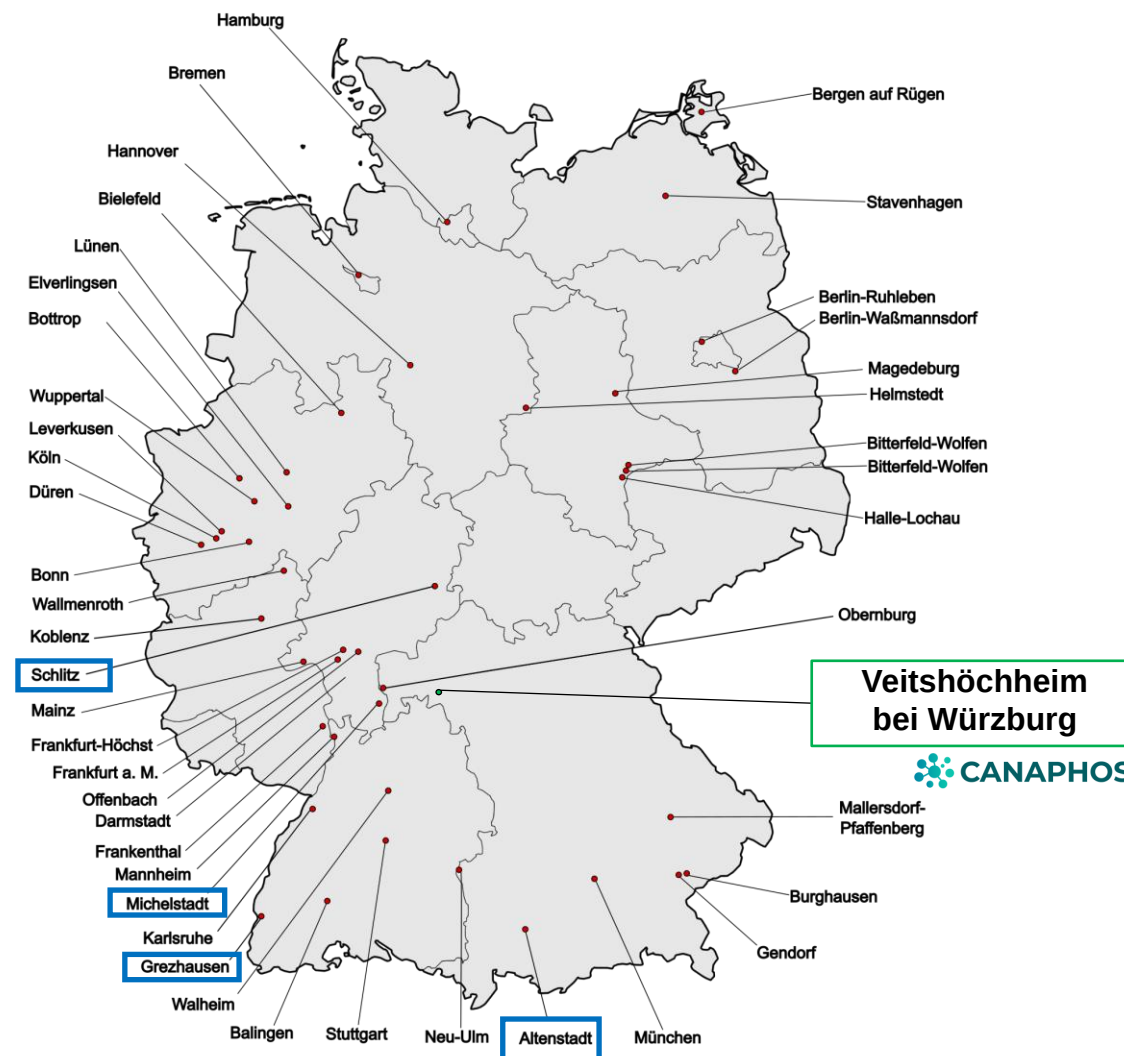
Potenzial

- Eignung für ca. 50% der P-Rückgewinnungspflichtigen KS (0,6 Mio. t/a)
- Inbetriebnahme 3 weitere (kleinere) Anlagen von ähnlichen Technologie-Anbietern
- Weitere Standorte in Planung

Unternehmensgründung CANAPHOS

- Firmen Michaelis und sePura
- Anlage bei Würzburg (15.000 t KSA/a)
- Paddelofentechnologie
- Inbetriebnahme Q4/2026 – Q1/2027
- Fokus: Schwermetallabtrennung auch mit Chloriden
- Gemeinsames ZIM-Projekt wird beantragt
- Erschließung weiterer Standorte

Standorte Klärschlammverbrennung



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Christian Adam

Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM)

Unter den Eichen 87

12205 Berlin

www.bam.de

Christian.adam@bam.de

Telefon: 030 8104 5670

Johann Emter

Emter GmbH

Alpenstraße 50

86972 Altenstadt

www.emter-gmbh.de

info@emter-gmbh.de

Telefon: 08861 2344-0

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

