



# STATUSBERICHT REPHORM

## REGIONALES PHOSPHORRECYCLING IM RHEIN-MAIN-GEBIET UNTER BERÜCKSICHTIGUNG INDUSTRIELLER UND AGRARISCHER STOFFKREISLÄUFE

Prof. Dr.-Ing. Markus Engelhart

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

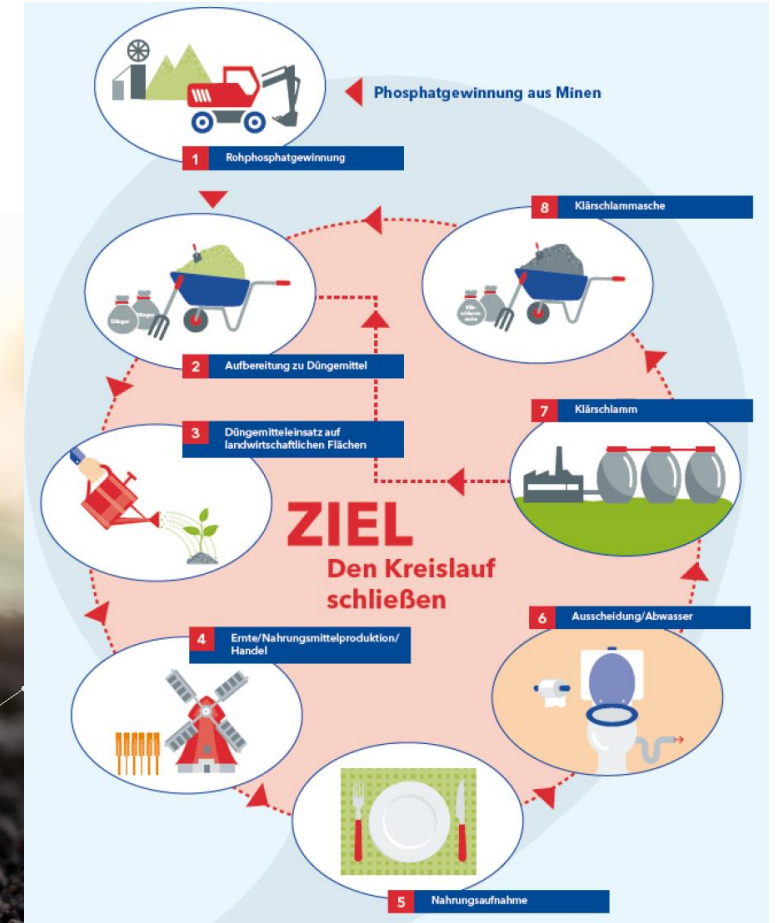
**FONA**

Forschung für Nachhaltigkeit

  
REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

# ÜBERSICHT

- Ausgangssituation
- Projektziele
- Projektteam
- Arbeitsfortschritt
- Ausblick



(Quelle: kram-9/shutterstock, HMKLV Hessen, „Hinweise zur Phosphorrückgewinnung in Hessen“)

# AUSGANGSSITUATION

- **Metropolregion FrankfurtRheinMain**
  - Klärschlamm wird künftig maßgeblich thermisch verwertet.
  - Die drei Klärschlammverbrennungsanlagen (Wirbelschichttechnologie) des RePhoRM-Verbunds befinden sich im Radius von nur 45 km.
  - Weitere Verbrennungsanlagen (Drehrohrtechnologie) werden in der Region geplant und gebaut
- **Ressourcenschutzstrategie Hessen**
  - Unter Berücksichtigung der Hessischen Ressourcenschutzstrategie wird die direkte Schließung des regionalen Phosphor-Kreislaufs durch Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlammmasche angestrebt.
- **Unterschiedliche Qualität der Klärschlammmaschen**
  - Die Qualität jeder einzelnen Klärschlammmasche muss im Produktionsprozess berücksichtigt werden. Vorbehandlungen sind teilweise notwendig.



# ZIELE DES VERBUNDVORHABENS

- **Großtechnische Implementierung** der patentierten PHOS4green-Technologie zur Phosphor-Recycling aus Klärschlammmaschen mit dem Ziel einer direkten landwirtschaftlichen Verwertung des P-Rezyklats: Düngemittelgranulat
- **Rechtlich-organisatorische Ausgestaltung einer Verbundlösung** zum Phosphor-Recycling in der Metropolregion FrankfurtRheinMain unter Berücksichtigung der maßgeblichen Betreiber von Klärschlammverbrennungsanlagen



Glatt Ingenieurtechnik GmbH

# DAS PROJEKTTEAM

- **Projektkoordination und wissenschaftliche Bearbeitung**

- Technische Universität Darmstadt,  
Institut IWAR, Fachgebiet Abwassertechnik

- **Wissenschaftliche Bearbeitung**

- Technische Universität Darmstadt,  
Institut IWAR, Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft
- Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe  
und Ressourcenstrategie IWKS

- **Rechtliche Beratung**

- Becker Büttner Held PartGmbB

- **Anlagenbauer und Technologieanbieter**

- Glatt Ingenieurtechnik GmbH → PHOS4green-Technologie



IWAR

IWAR



bbh

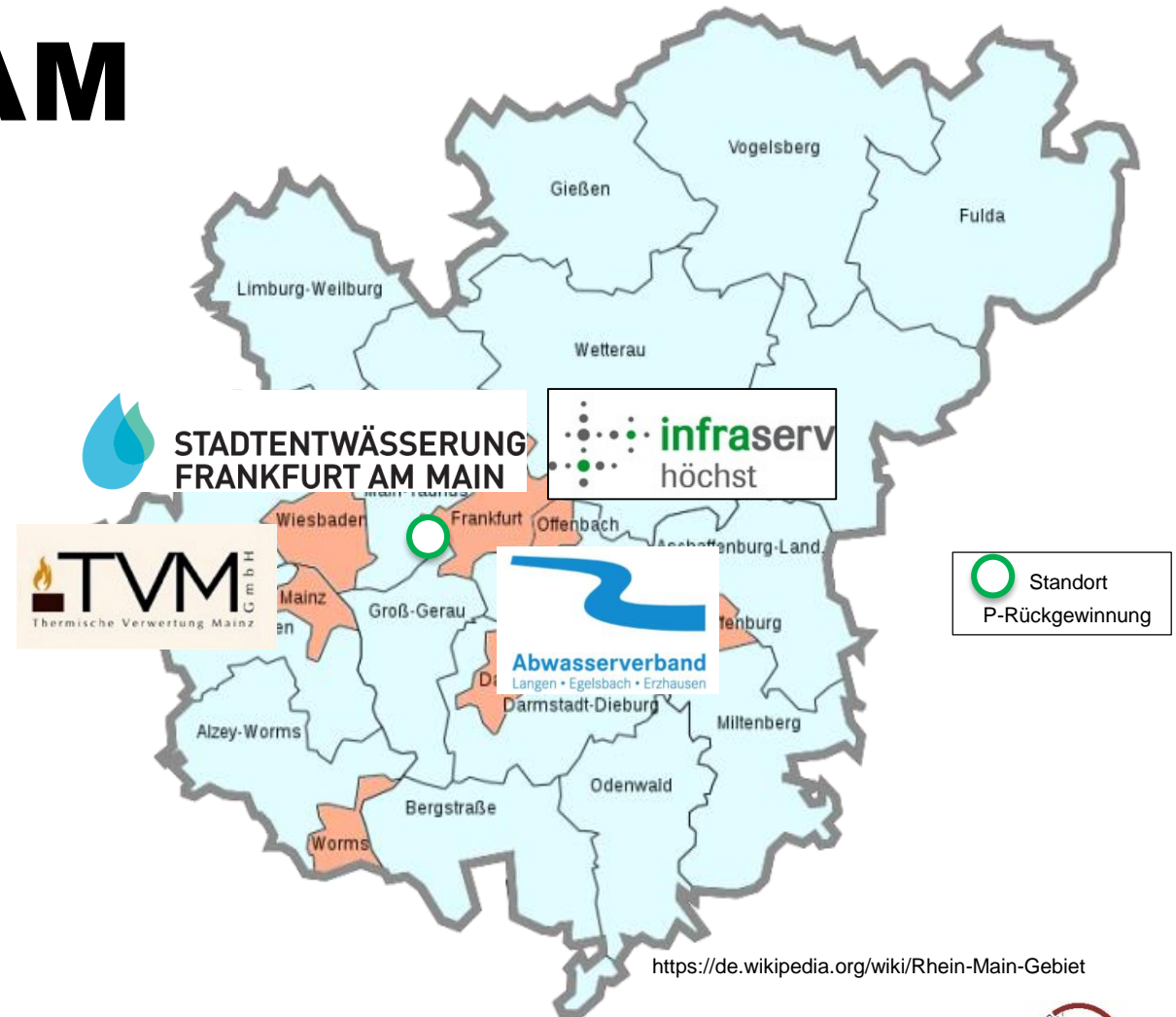
BECKER BÜTTNER HELD



# DAS PROJEKTTEAM

## ▪ Beteiligte Kommunen/Betreiber

- TVM Thermische Verwertung Mainz GmbH  
Verbrennungskapazität: 35.000 Mg TR/a
- Stadtentwässerung Frankfurt am Main  
Verbrennungskapazität: 40.000 Mg TR/a
- Infraserv GmbH & Co. Höchst KG  
Verbrennungskapazität: 52.000 Mg TR/a
- Abwasserverband Langen/Egelsbach/Erzhausen  
zu behandelnde Klärschlammmenge: ca. 750 Mg TR/a



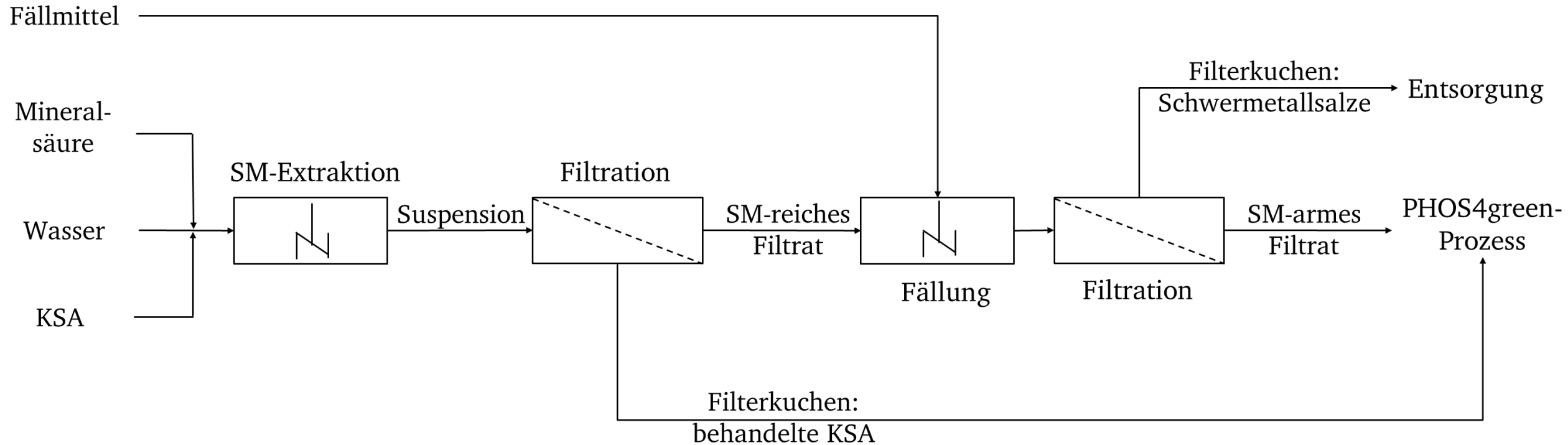
# ARBEITSFORTSCHRITT

- Unterschiedliche Qualitäten der Klärschlammaschen (KSA) machen unterschiedliche (Vor-)Behandlungen erforderlich
- Entwicklung verschiedener Varianten zur Vorbehandlung mit Schwermetallen belasteter KSA im Labor **erfolgreich abgeschlossen**
  - Variante 1: Schwermetall-Extraktion + Schwermetall-Fällung
  - Variante 2: Phosphor-Extraktion + Wäsche
  - Variante 3: Phosphor-Extraktion + Schwermetall-Fällung + Wäsche



Glatt Ingenieurtechnik GmbH

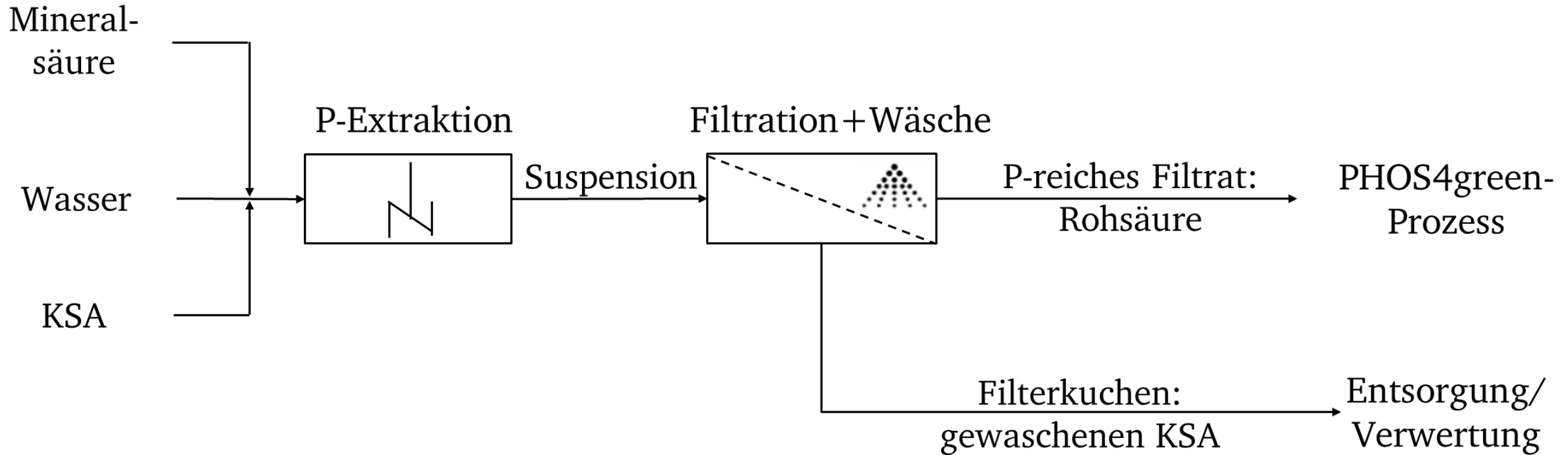
# VARIANTE 1



- Selektive Fällung der Schwermetalle erzeugt **minimale Menge an Abfall** („Selektivvariante“)

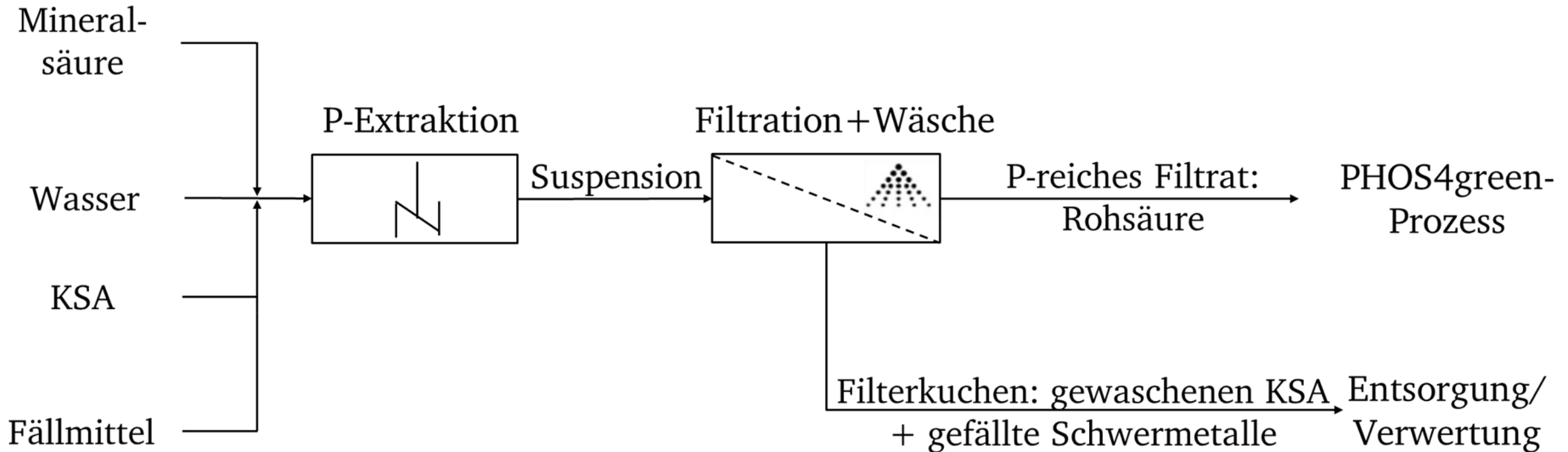


# VARIANTE 2



- Ausschleusung **aller ungelösten (Schwer-)Metalle** mit dem Filterkuchen („Optionsvariante“)

# VARIANTE 3



- Ausschleusung **aller ungelösten + gefällter (Schwer-)Metalle** mit dem Filterkuchen („Universalvariante“)

# SCHWERMETALL-AUSSCHLEUSUNG

	(Selektiv-)Variante 1	(Options-)Variante 2	(Universal-)Variante 3
	SM-Extraktion + SM-Fällung	P-Extraktion + Wäsche	P-Extraktion + SM-Fällung + Wäsche
Parameter	Ausschleusung bezogen auf die KSA		
As	ca. 80 %	ca. 20 %	ca. 99 %
Cu	ca. 60 %	ca. 90 %	ca. 99 %
Ni	ca. 5 %	ca. 80 %	ca. 80 %
Pb	ca. 20 %	ca. 80 %	ca. 90 %
Zn	ca. 20 %	ca. 80 %	ca. 80 %

- Entsprechende Variante der Vorbehandlung für **jede Aschequalität** des RePhoRM-Verbunds

# GRANULIERUNG

- **Problemlose Granulierung** der vorbehandelten KSA
- Erzeugung eines **lagerstabilen, abriebfesten Granulats** mit kompakter und homogener Partikelstruktur
- Nährstoffgehalt und Phosphor-Löslichkeit sind **über die Rezeptur steuerbar**



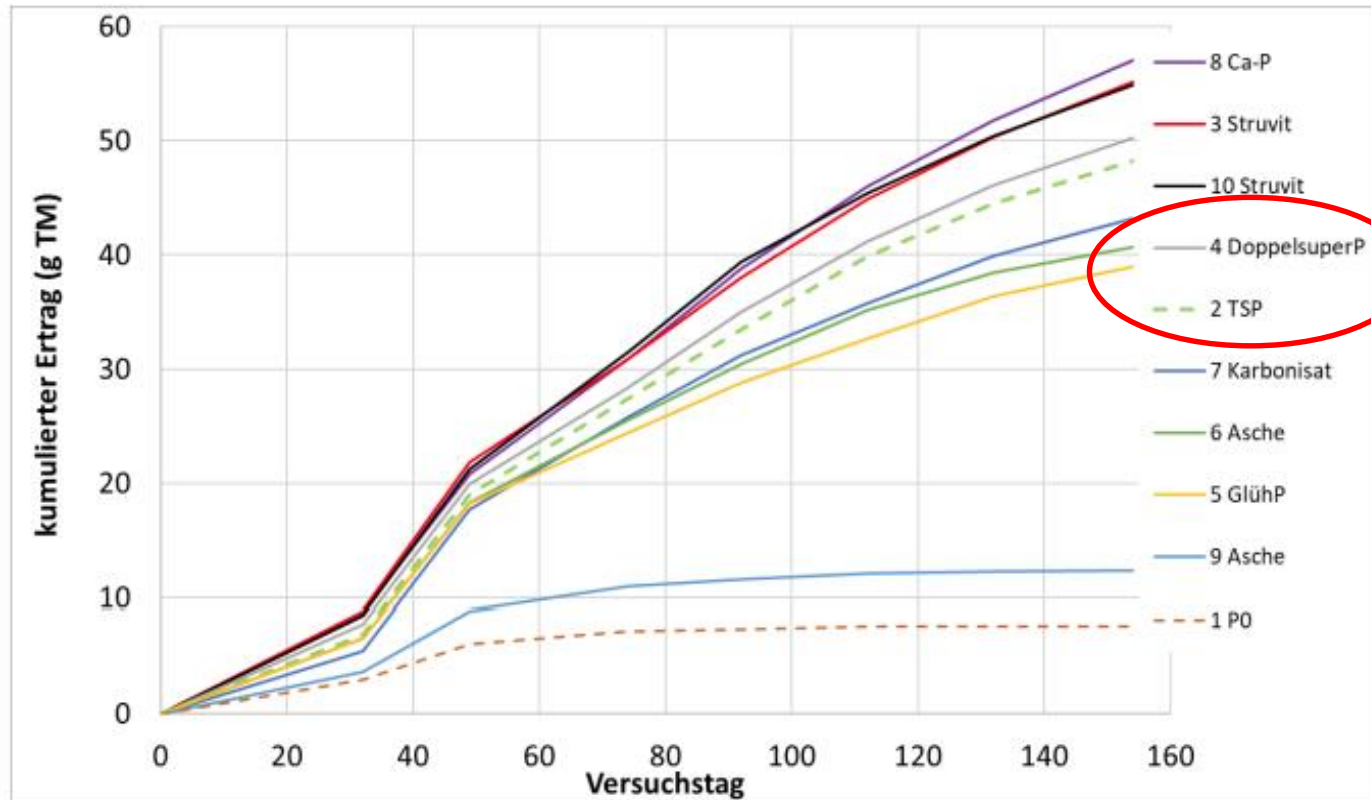
Glatt Ingenieurtechnik GmbH

# PFLANZENVERFÜGBARKEIT

Teilnahme am  
Ringversuch des  
hessischen  
Landeslabors

4 Infraseriv GmbH

Doppelsuperphosphat



Landesbetrieb Hessisches Landeslabor 2022. Abschlussbericht P-Düngewirksamkeit von Klärschlamm-Rezyklaten.  
[https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2022-10/abschlussbericht\\_p-duengewirksamkeit\\_von\\_klaerschlamm-rezyklaten\\_0.pdf](https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2022-10/abschlussbericht_p-duengewirksamkeit_von_klaerschlamm-rezyklaten_0.pdf)

## Ergebnisse:

- Ertragsleistung wie Trippelsuperphosphat
- Einhaltung aller Schwermetall-Grenzwerte
- Hohe Löslichkeit des Phosphats

# PILOTANLAGE

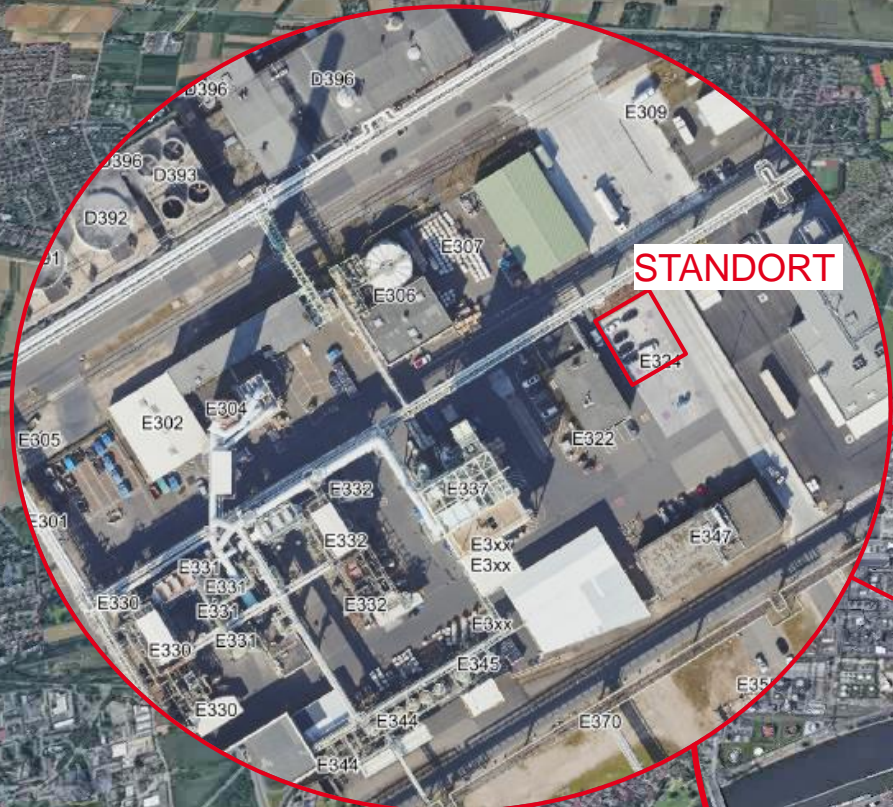
- Fünf 40 Fuß Container über zwei Stockwerke  
⇒ Prüfung / Bestätigung der verfahrenstechnischen Varianten und Ermittlung von Auslegungsdaten
- Planung und Bau durch **Glatt Ingenieurtechnik**
- Anschluss an Versorgung und Entsorgung durch **Infraserv Höchst**
- Betrieb durch **Glatt Ingenieurtechnik** und **AT der TU Darmstadt**
- Lieferung in den Industriepark Höchst im **September 2023**



Glatt Ingenieurtechnik GmbH



REPHORM | ARBEITSFortsCHRITT PILOTANLAGE



STANDORT

STANDORT

IPH

# RECHTLICH-ORGANISATORISCHE VERBUNDLÖSUNG

- Eine Absichtserklärung zur **Gründung einer gemeinsamen Phosphor-Rückgewinnungsgesellschaft** wurde von den Ascheerzeugern / zukünftigen Gesellschaftern unterzeichnet
- Die **Vertragsverhandlungen** zwischen den zukünftigen Gesellschaftern haben begonnen
  - Unterstützung insbesondere in Bezug auf das **Vergaberecht** durch die Becker Büttner Held PartGmbH
- **Laufende Absprachen** mit den Umweltministerien aus Hessen und Rheinland-Pfalz und dem zuständigen Regierungspräsidium Darmstadt **bezüglich Genehmigung** der Pilot- sowie der großtechnischen Anlage



# AUSBLICK

- **Fabrik für 60.000 t/a** Düngemittelgranulat entsteht **ab 2026** im Industriepark Höchst
- **Verarbeitet werden können** neben den Aschen der Beteiligten:
  - thermochemisch behandelte Klärschlammasche
  - Phosphorsäure aus Klärschlammasche
  - Calciumphosphate
  - Magnesiumammoniumphosphate
  - Ammoniumsulfat



- Den Beteiligten wird eine **langwierig sichere** und **ökonomisch vorteilhafte** Verarbeitung der Klärschlammasche geboten