

Erkenntnisse aus dem Betrieb einer nasschemischen Phosphorrückgewinnungsanlage im großtechnischen Maßstab im Rahmen des Projekts AMPHORE

Hanna Evers | Ruhrverband

Dr. Dennis Blöhse | EGLV / PhosRec GmbH



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

RePhoR
REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

Ruhrverband
WISSEN, WERTE, WASSER

LINEG

PHOSREC
Phosphor-Recycling GmbH

Fraunhofer
ISI

EMSCHER
WASSERTECHNIK GmbH

ifeu
INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

EGLV
Emschergergenossenschaft
Lippeverband

WUPPERVERBAND
für Wasser, Mensch und Umwelt

ISA
Institut für
Siedlungsplanung

RWTH AACHEN
UNIVERSITY

WiW
Wuppertalgesellschaft für
integrale Wasserwirtschaft mbH

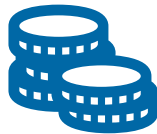
Hintergrund und Ziele



Projektlaufzeit

Juli 2020 – Juni 2026

(März 2027)



Rahmen der Förderung des BMFTR

Ausgaben: rd. 10,9 Mio. €

Fördermittel: rd. 8,8 Mio €

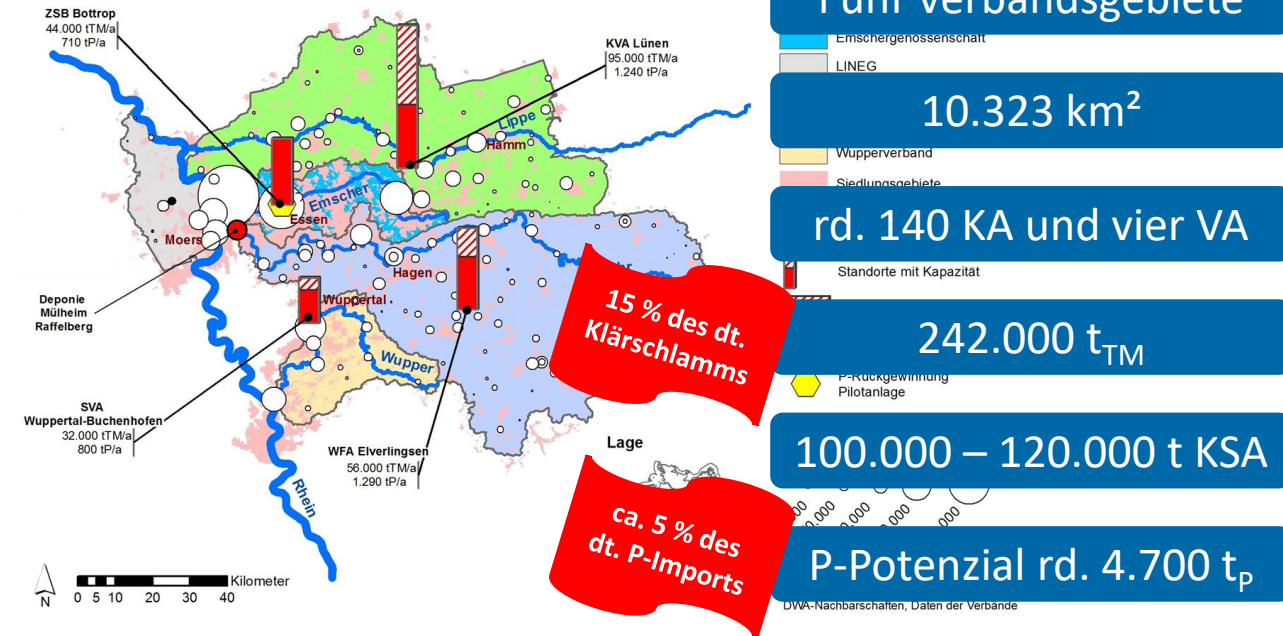


Ziele

- **Großtechnische Demonstration** einer nasschemischen P-Rückgewinnung.
- Wirkzusammenhänge zwischen **Aschequalität, Aufwand der P-Rückgewinnung und Produktqualität**.
- Lösungsbeispiele für komplexe **rechtliche, organisatorische, logistische und wirtschaftliche** Herausforderungen.
- **Verbändeübergreifende Zusammenarbeit** zur Nutzung von Skaleneffekten und Synergien.
- Erkundung von regionalen Absatzpfaden für das **Produkt Phosphorsäure** in anwendungsorientierten Qualitäten und Untersuchungen zum Umgang mit den **Nebenprodukten/Reststoffen**.

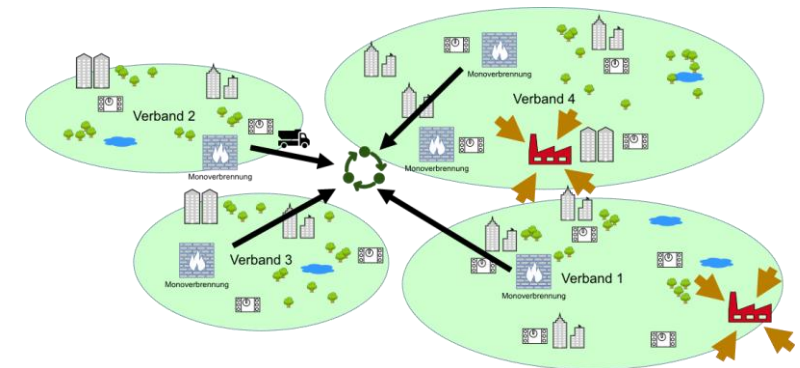


Hintergrund



Ergebnisse (1)

- KS- bzw. KSA-Qualität
 - Hohe Schwermetallbelastung macht **nasschemische P-Rückgewinnung notwendig**.
 - **Reduzierung von relevanten Schwermetallen** durch Maßnahmen vor oder bei der Abwasserreinigung individuell zu prüfen.
- Stoffstrommodell
 - **Schwankende Qualität** hat entscheidende Auswirkungen auf Stoffstrom- und Energiebilanzen sowie den Betriebsaufwand der P-Rückgewinnung.
 - Im Zusammenhang mit einem **kontinuierlichen Monitoring** der KS-KSA-Qualität ermöglicht es, Änderungen frühzeitig zu erkennen und darauf zu reagieren.
- Variantenbewertung
 - Alternative Verfahren und Kooperationen können **Einzelrisiken** (Abhängigkeit von Salzsäure) mindern.
 - Maßnahmen zur Erreichung bestimmter **KS-Qualität für Alternativverfahren** nur begrenzt sinnvoll.
 - **Aufwand für KS-KSA-Management** als maßgebender Faktor bei Entscheidung der Strategie.
 - Rechtliche Entwicklungen mit Blick auf Inputqualität und Rezyklatverwertbarkeit müssen weiter beobachtet werden.



Ergebnisse (2)

- Logistik und Standorte 
 - Logistik ist primär durch die **Gesamtmenge der zu transportierenden Betriebsmittel** sowie die **bestehende Infrastruktur** geprägt.
 - Präferierte Standortoptionen sind **Chemparks** mit ihrer bestehenden Infrastruktur und Synergiepotenzialen.
 - **Hoher (Salz-)Säurebedarf** kann auch große Chemparks an ihre „Belastungsgrenze“ bringen.
 - Die Frage „**zentrale vs. dezentrale**“ Anlage wird sich vermutlich anhand der Standortoptionen beantworten.

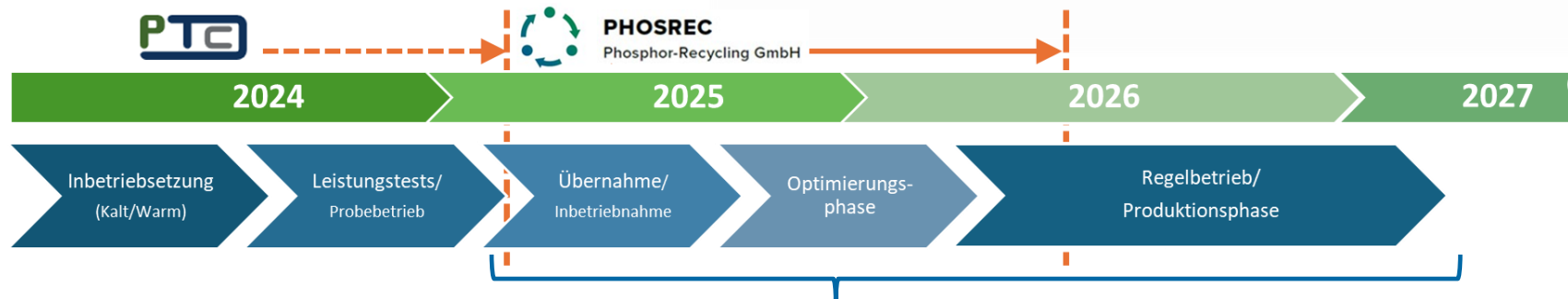


Bild: L. Heidemann, 2024

- Recht und Organisationsformen 
 - Bei der Umsetzung der Phosphorrückgewinnung werden eine Vielzahl an Rechtsgebieten berührt. Das **Vergaberecht und das Kartellrecht** sind komplex und kritisch zu bewerten und erfordern insbesondere bei großen Zusammenschlüssen eine eingehende Prüfung.
 - Für den Zusammenschluss mehrerer (öffentlich-rechtlicher) Klärschlammerzeuger stehen **verschiedene Gesellschaftsformen mit und ohne privatrechtliche Beteiligung** zur Verfügung.
 - Das für das Projekt umgesetzte **Vorgehen zur Wahl einer passenden Organisationsform** kann grundsätzlich auch im großmaßstäblichen Prozess angewandt werden.

Ergebnisse (3)

- (Groß-)Technische Ergebnisse (1)
 - **Betriebsübernahme in 03/2025** durch PhosRec GmbH
 - Bisher **9 Versuchskampagnen** mit allen im Projekt beteiligten Verbrennungsaschen
 - Verschiedene Betriebsweisen: **kontinuierlich (24/7)** sowie diskontinuierlich (Nacht-Stand-By)
 - Spezifische **Optimierungen umgesetzt**
 - Breite Erfahrungen beim **Einsatz unterschiedlicher Aschequalitäten** (Monochargen/Mischungen)



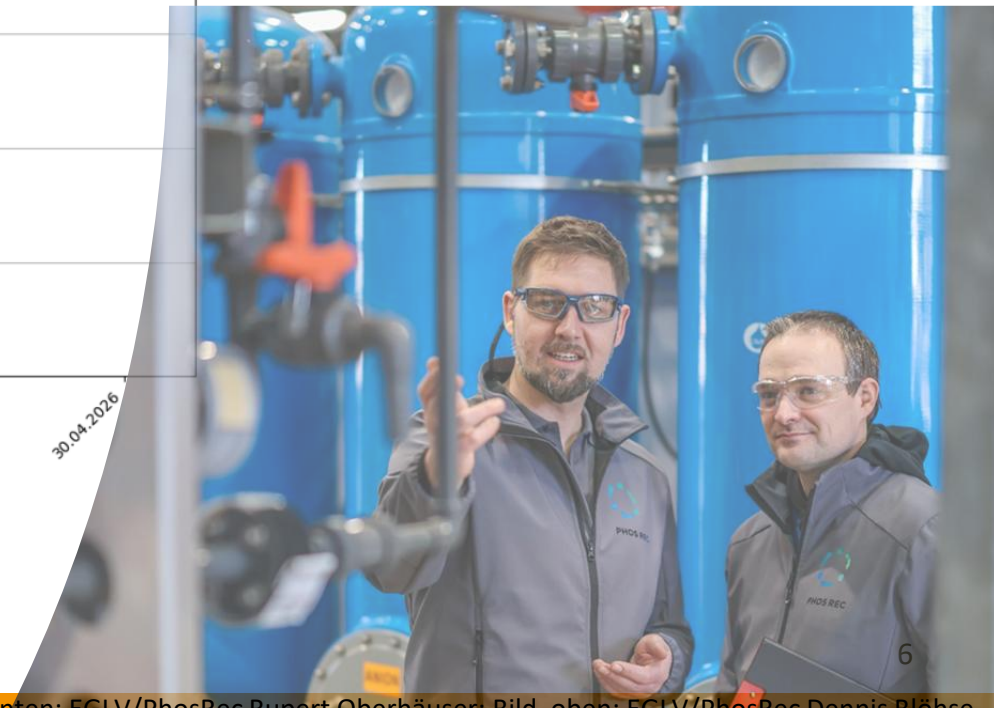
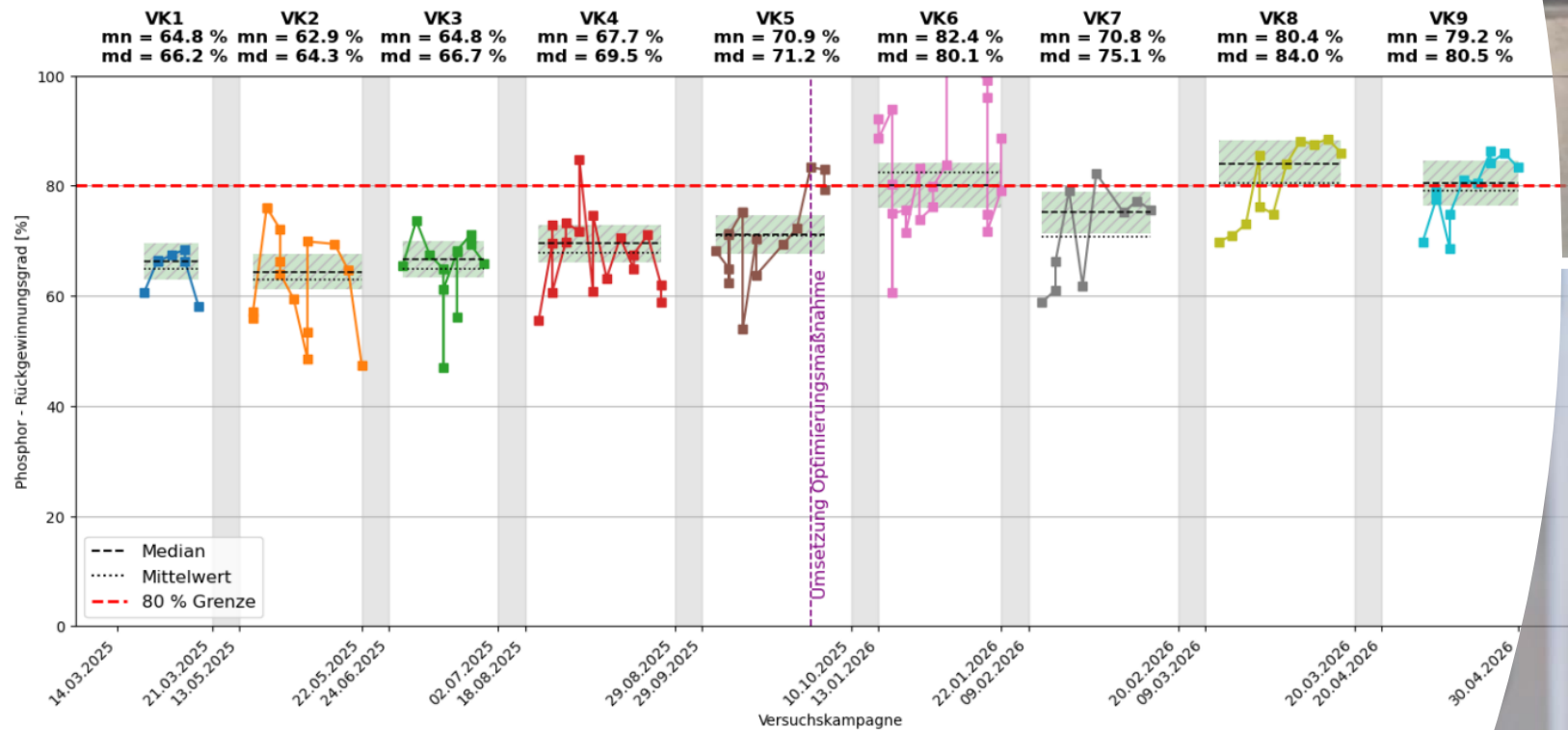
- Genehmigung der Anlage nach BImSchG (auf **zwei Jahre** befristete Genehmigung/vereinfachtes Verfahren/“Versuchsanlage“)
 - **Anlage zur chemischen Behandlung gefährlicher Abfälle** // 4. BImSchV, Ziffer 8.8.1.2 sowie UVPG, Ziffer 8.5
 - Nebenanlage: Lager für gefährliche Abfälle (Aschelager) // 4. BImSchV, Ziffer 8.12.1.1
 - Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)-Vorprüfung
 - Anlagen nach der Industrieemissions-Richtlinie → Ausgangszustandsbericht (AZB)
 - Indirekteinleitung gem. WHG // Genehmigung der Abwasserbehandlungsanlage gem. LWG



Bild: EGLV/PhosRec-Rupert Oberhäuser

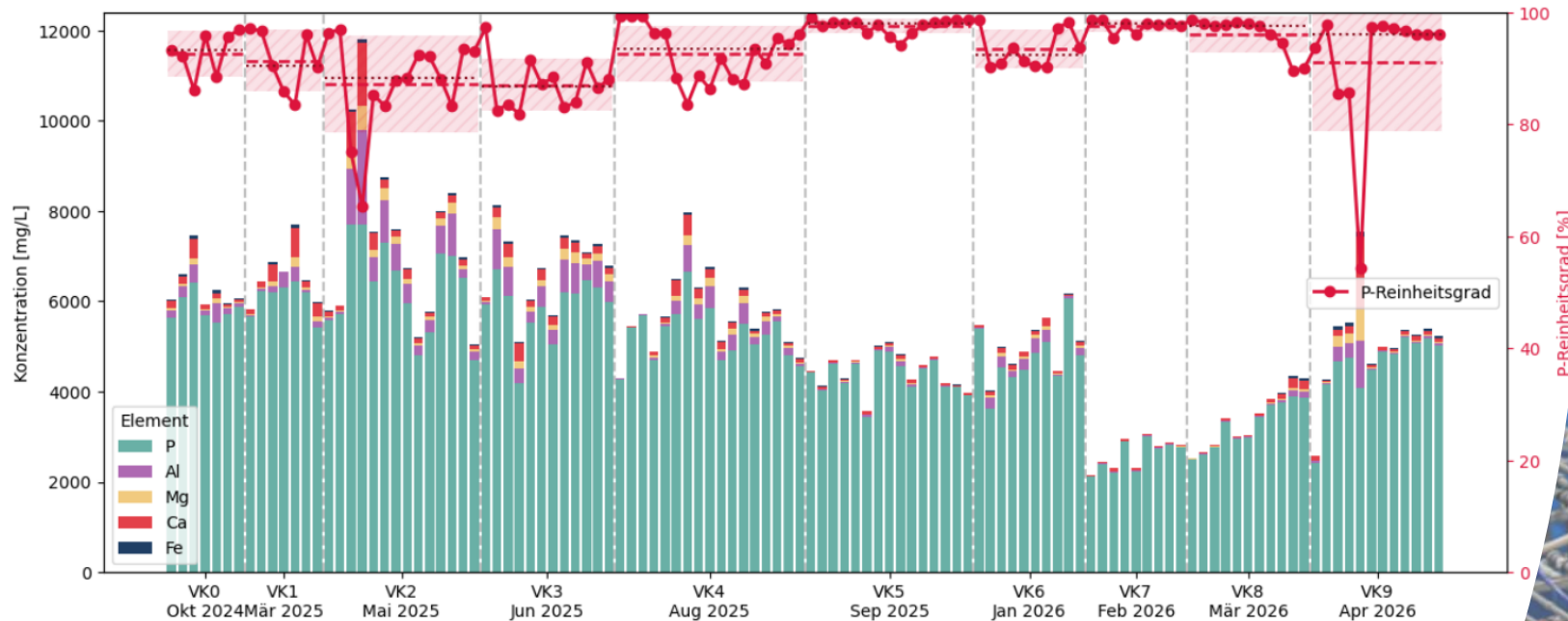
Ergebnisse (4)

- (Groß-)Technische Ergebnisse (2)
 - 80 %ige P-Rückgewinnungsrate nach Optimierung erreicht



Ergebnisse (5)

- (Groß-)Technische Ergebnisse (3)
 - Konzentrierte P-Säure erzeugt
 - Produktqualität sukzessive optimiert
 - Gute Abtrennung der Begleitstoffe



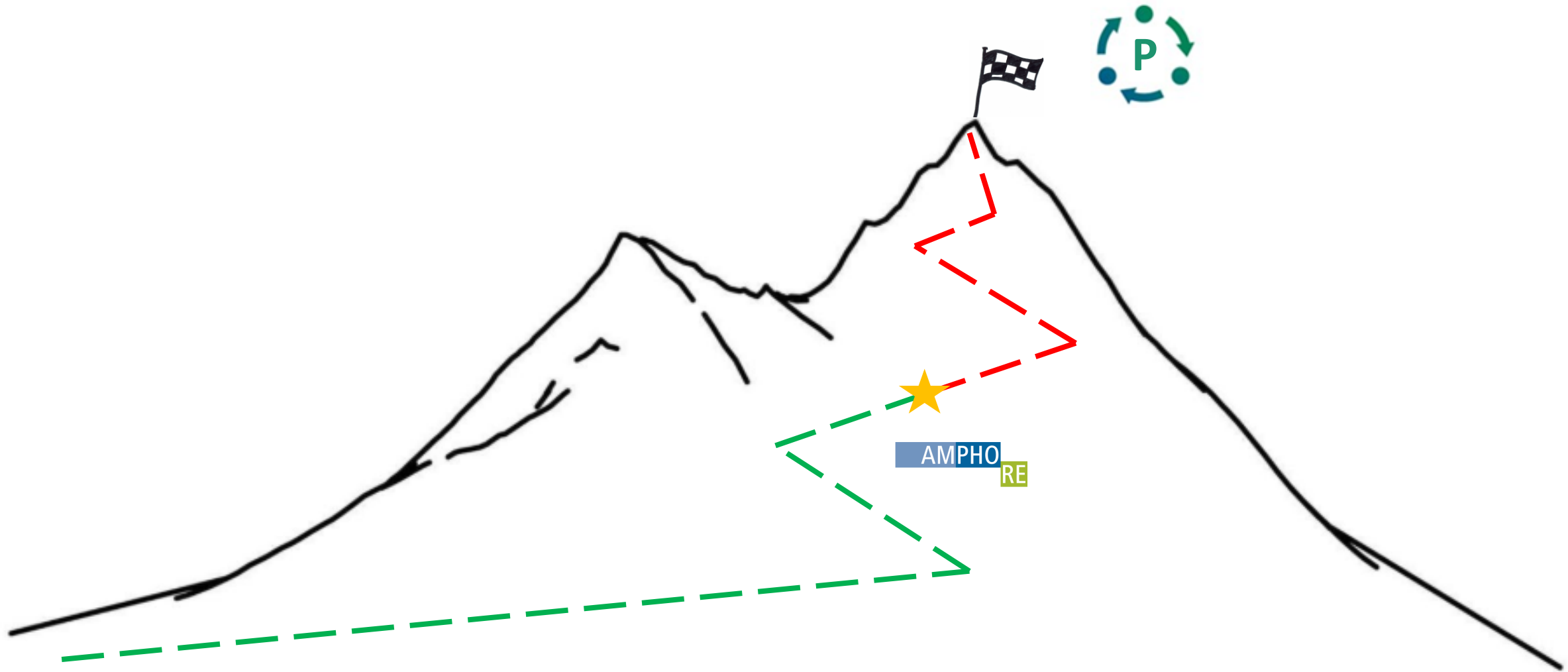
Ergebnisse (6)

- Rezyklate und Nebenprodukte 
 - Es ist offen, ob die Qualitäten der Produkte und Nebenprodukte - in jedem Fall - vergleichbar mit (industriellen) Handelswaren sein wird.
 - Eine **Kostendeckung** ist durch den Verkauf der Phosphorsäure **nicht erwartbar**.
- Ökologische Betrachtung 
 - Der größte ökologische Nutzen entsteht durch die **Substitution von Primärphosphorimporten**. Der ökologische Aufwand des Verfahrens wird durch den Betriebsmittel- und Energieverbrauch bestimmt.
 - Aufgrund des hohen Salzsäurebedarfs hat deren Bereitstellung einen wesentlichen Einfluss auf die Nachhaltigkeitsbewertung. Die Umweltbilanz verbessert sich deutlich, wenn **Salzsäure aus Nebenproduktströmen („Abfallsäuren“)** eingesetzt wird statt aus der Primärproduktion.
 - Verfahrenstechnische Optimierungen (z.B. **Einsparung von Salzsäure**), die **Nutzung von Nebenprodukten** (z.B. Ersatz von Fällmitteln) sowie eine energetische Kopplung (**Nutzung von Abwärme**) können ebenfalls einen (großen) Einfluss auf die Nachhaltigkeitsbewertung haben.
- Ökonomische Betrachtung 
 - Der **Betriebsmittelverbrauch ist der wesentliche Kostenfaktor** und somit Hebel zur Kostensenkung.
 - Durch eine **optimierte Salzsäurebeschaffung und Energienutzung** können die spezifischen Rückgewinnungskosten deutlich reduziert werden (z.B. Nutzung von Abfallsäuren, Mengenrabatte bei hoher Produktabnahme, Abwärmenutzung).

Transfer und Verstetigung (1)

- Weiterbetrieb der Anlage und weitere geplante Untersuchungen 
 - Verlängerung/[Aufstockung bis 03/2027](#) bewilligt
 - Aktive APs: Betrieb der Demonstrationsanlage (PhosRec GmbH) und wissenschaftliche Betriebsbegleitung (RWTH/ISA)
 - [Projektziel 2 Jahre Versuchsbetrieb](#) kann damit erreicht werden
 - [Weitere 7-8 Versuchskampagnen](#) geplant
 - Ziel: Weitere Prozessoptimierung // Qualitätssteigerung Nebenprodukte
- Wirtschaftliche und wissenschaftliche Nutzung der Projektergebnisse  
 - Ergebnisse haben wesentlichen [positiven Einfluss auf Scale-Up](#) der Technologie
 - Wissenschaftlicher Nutzen durch Promotion // Erkenntnisse werden publiziert
 - [Erarbeitung von übertragbaren Erkenntnissen](#) (z.B. Einfluss Aschequalität)

Transfer und Umsetzung (2)



Fazit / Empfehlungen

- Die PARFORCE-Technologie® ist ein nasschemisches Verfahren, welches für die **Verarbeitung verschiedener Aschen** im AMPHORE-Projektgebiet geeignet ist.
 - Die **Technologiereife** entspricht einer großtechnischen Demonstrationsanlage mit industrie-/markttypischen Anlagenkomponenten.
 - Es kann eine **Verordnungskonformität** (>80% P-Rückgewinnung) erreicht werden.
 - Bei der Anlagenkonzeptionierung und dem Betrieb ist die starke **Abhängigkeit von der Aschequalität** zu prüfen.
- Der Anlagenbetrieb ist stark abhängig von Zuliefererstrukturen, da eine **Sektorkopplung von der Abfallwirtschaft in die produzierende (chemische) Industrie** geschaffen wird.
 - Nutzungsquoten für den recycelten Phosphor oder festgelegte Mindestpreise könnten **wirtschaftliche Risiken begrenzen**.
- Es gibt **passende Organisationsmodelle**, die in Abhängigkeit von der spezifischen Ausgangslage bewertet und ausgewählt werden können.
 - Eine **rechtliche Begleitung** der Umsetzung der P-Rückgewinnung ist zwingend erforderlich.
 - Ein **organisatorischer Zusammenschluss von Verantwortlichen** zum Betrieb einer Phosphorrückgewinnungsanlage wird zur **Risikoverteilung** empfohlen.





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Hanna Evers | hev@ruhrverband.de

Dr. Dennis Blöhse | bloehse.dennis@eglv.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

