

Verfahrensauswahl am Beispiel des AMPHORE-Projekts

Hanna Evers (Ruhrverband)

DWA-RePhoR-Webinar „Planung und Bewertungstools zur regionalen P-Rückgewinnung“

19.05.2026

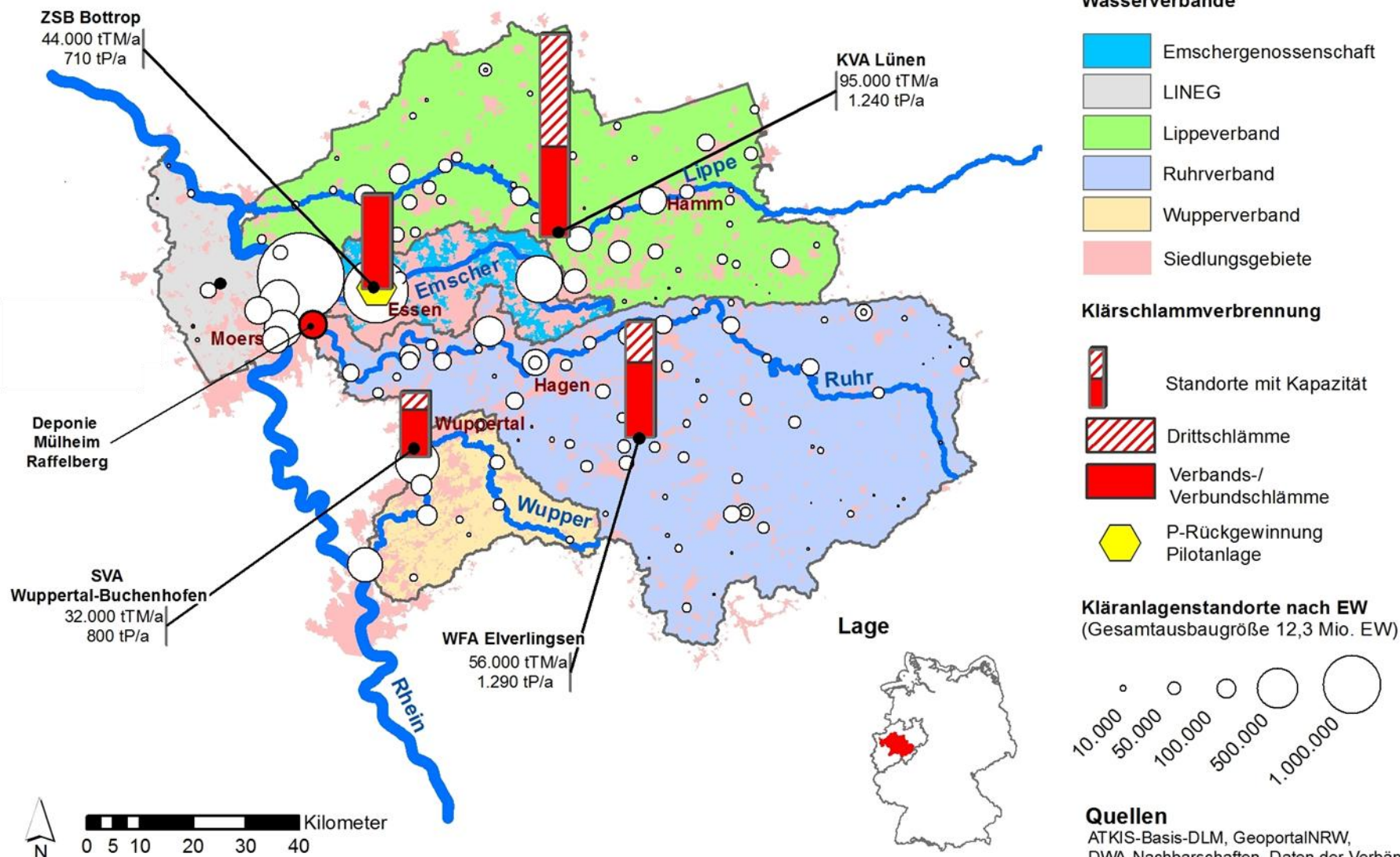
Gefördert durch:

- 1) Das AMPHORE-Projekt
- 2) Vorgehen und Ausgangslage für die Verfahrenswahl
- 3) Bewertung und Wahl eines P-Rückgewinnungsverfahrens
- 4) Fazit und Ausblick



Das AMPHORE-Projekt

Regionale Strukturen



- Gesamtfläche von 10.323 km² mit rd. 12,3 Mio. Einwohnern
- ~139 Kläranlagen und vier Verbrennungsanlagen
- Jährlicher Klärschlamm-anfall von rd. 242.000 t_{TM}
- Ab 2029 zwischen 100.000 – 120.000 t Klärschlammasche
- Phosphorpotenzial im Klärschlamm von ca. 4.700 t (~19.700 t H₃PO₄ (75%))

Das AMPHORE-Projekt

Projektkonsortium



Koordination:



Projektpartner:

Projektbeirat:

Ministerium für Umwelt,
Naturschutz und Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen



PHOSREC
Phosphor-Recycling GmbH



Assoziierte Partner:



Das AMPHORE-Projekt

Laufzeit, Projektförderung, Ziele

Projektlaufzeit (Umsetzungsphase)

- Juli 2020 – Juni 2026 (März 2027)

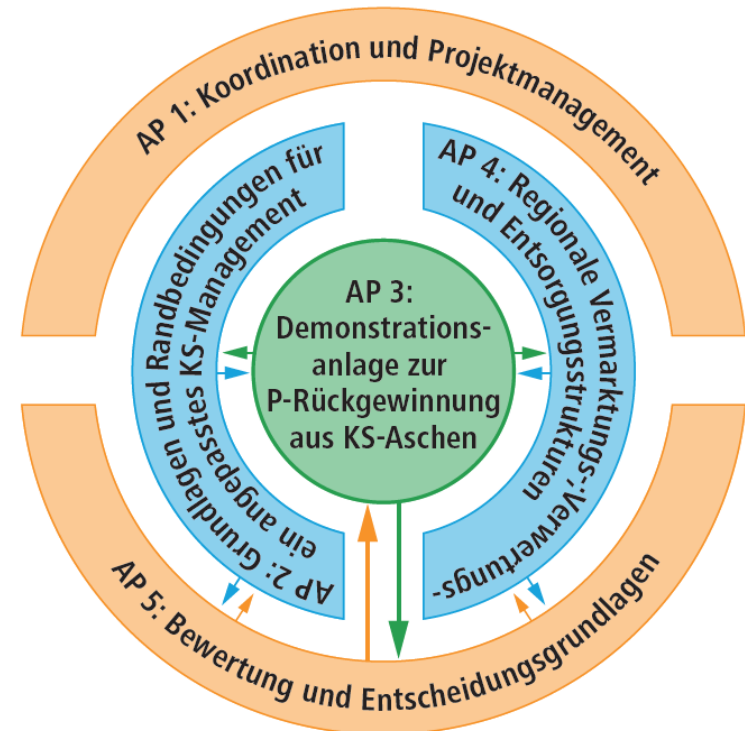
Ziele:

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

Rahmen der Förderung

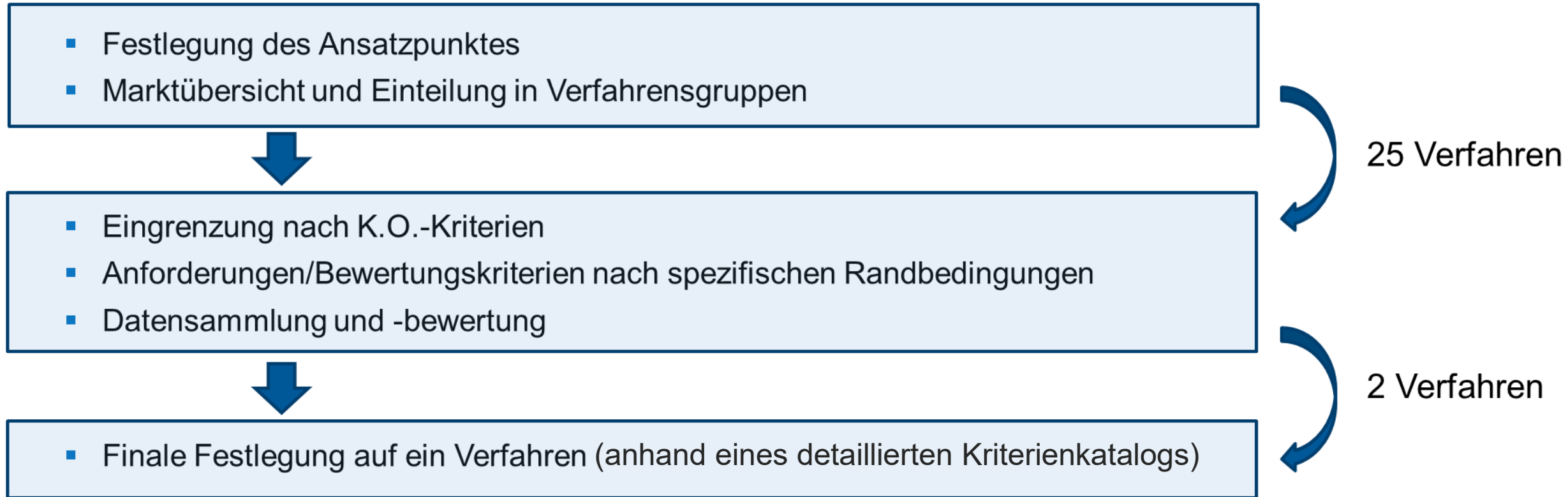
Ausgaben: rd. 10,9 Mio. €

Fördermittel: rd. 8,8 Mio. €



Vorgehen und Ausgangslage für die Verfahrenswahl

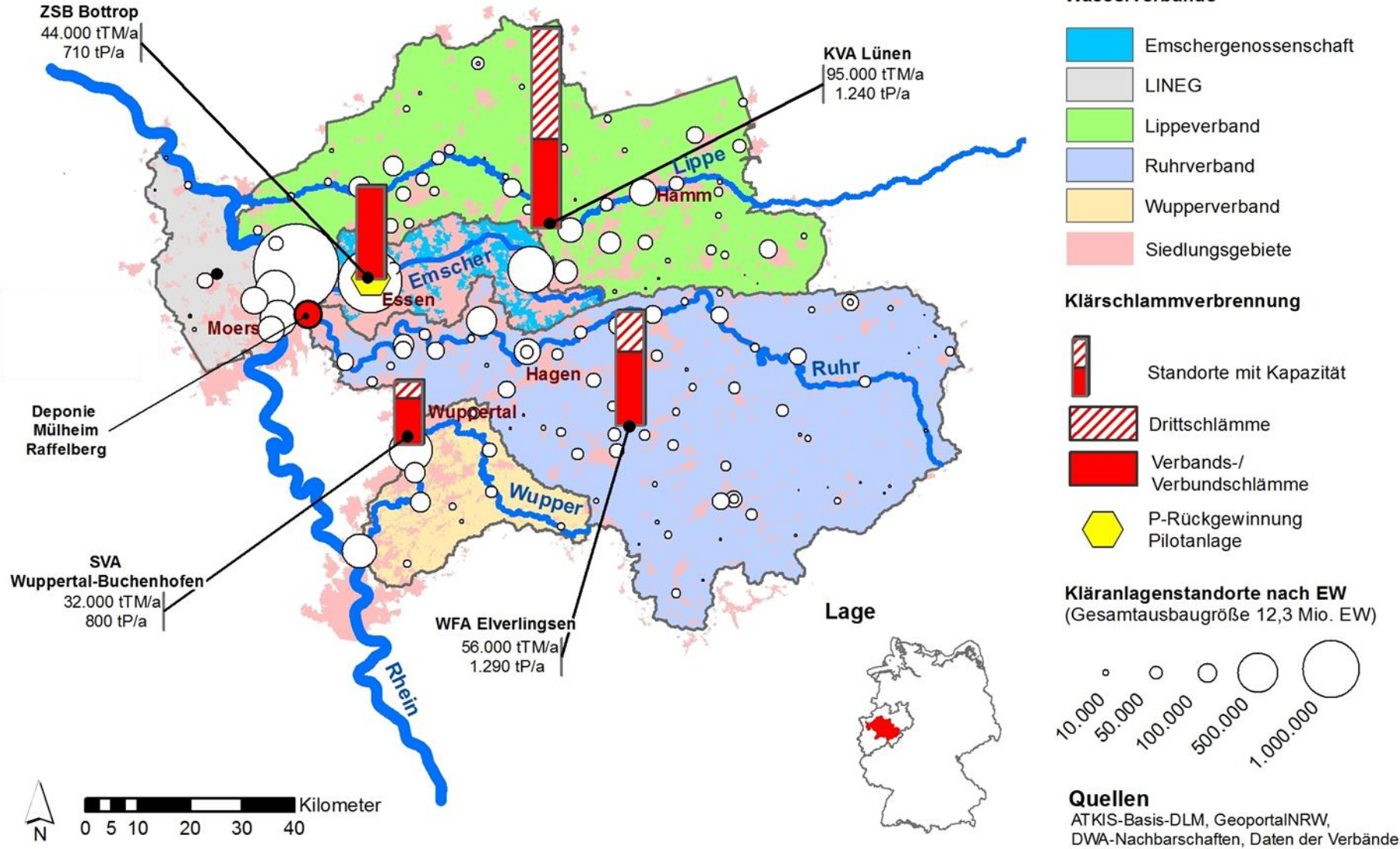
Mehrstufiges Vorgehen zur Auswahl des zu demonstrierenden Verfahrens



→ Umsetzung der PARFORCE-Technologie® im Rahmen des AMPHORE-Projekts

Vorgehen und Ausgangslage für die Verfahrenswahl

Projektregion und -anforderungen



- KS-Asche als Ansatzpunkt für Hauptpfad der P-Rückgewinnung
- Berücksichtigung hoher Schadstoffgehalte, insb. Schwermetalle
- Kaum lokaler Bedarf für zusätzlichen P- Dünger in der Landwirtschaft
- Öffentlich-rechtlich organisierte Entsorgungsstruktur

Bewertung und Wahl eines P-Rückgewinnungsverfahrens

Bewertung nach K.O-Kriterien

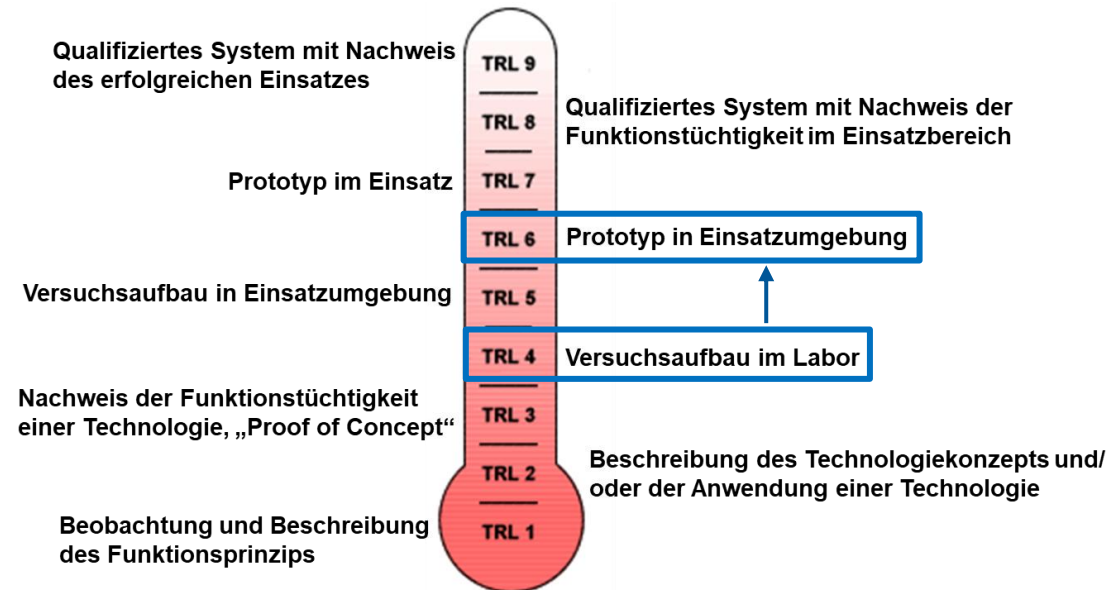
a) Rückgewinnungsquote nach AbfKlärV (80%) erreichbar?

$$P_{Rück}[\%] = \left(\frac{P_{Rezyklat}}{P_{Ausgangssubstrat(Asche)}} \right) * 100$$

Bewertung und Wahl eines P-Rückgewinnungsverfahrens

Bewertung nach K.O-Kriterien

- a) Rückgewinnungsquote nach AbfKlärV (80%) erreichbar?
- b) Entwicklungsstufe und Verfügbarkeit (TRL; Dokumentation, Anbieterverfügbarkeit)**



Einstufung nach „Technical Readiness Level (TRL)“

Bewertung und Wahl eines P-Rückgewinnungsverfahrens

Bewertung nach K.O-Kriterien

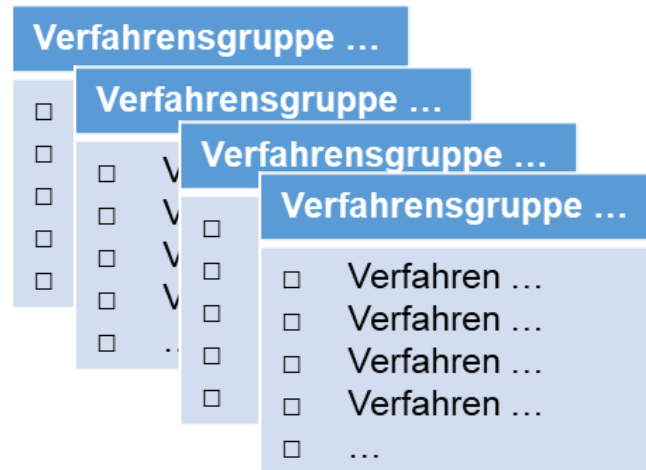
- a) Rückgewinnungsquote nach AbfKlärV (80%) erreichbar?
- b) Entwicklungsstufe und Verfügbarkeit (TRL; Dokumentation, Anbieterverfügbarkeit)
- c) **Erzeugung von Phosphorsäure**



Bewertung und Wahl eines P-Rückgewinnungsverfahrens

Bewertung nach K.O.-Kriterien

- a) Rückgewinnungsquote nach AbfKlärV (80%) erreichbar?
- b) Entwicklungsstufe und Verfügbarkeit (TRL; Dokumentation, Anbieterverfügbarkeit)
- c) Erzeugung von Phosphorsäure
- d) Gezielte Schwermetallausschleusung aus dem Produkt**



Nasschemische Verfahren	
✓	Verfahren ...
✓	Verfahren ...
✓	Verfahren ...
✓	Verfahren
✓	Verfahren...
x	Verfahren ...
x	...

Bewertung und Wahl eines P-Rückgewinnungsverfahrens

Weitere Eingrenzung möglicher Verfahren

a) Anforderungen aus spezifischen Randbedingungen

Kriterium	Beispielaspekte	Gewichtung
Verfahrenstechnik	Leistungsfähigkeit (Rückgewinnungsquote), Komplexität, Robustheit	?
Wirtschaftlichkeit	Investitionskosten, Betriebskosten, mögliche Erlöse	?
Marktpotential	Produkte: Art, Menge, Qualität Regionale Abnehmer für Produkte	?
Entsorgungsaufwand	Reststoffanfall (Menge, Art, Zusammensetzung)	?
Ökologische Bewertung	Ökologischer Fußabdruck: Reststoffe, Chemikalienverbrauch, Energiebedarf etc.	?
Betriebsmodell	Lizenzmodell, Betreibermodell, Public-Private-Partnerschaftsmodell	?

Bewertung und Wahl eines P-Rückgewinnungsverfahrens

Weitere Eingrenzung möglicher Verfahren

a) Anforderungen aus spezifischen Randbedingungen

b) Datensammlung und –bewertung

- Quellen: (wiss.) Literatur, öffentl. verfügbare Herstellerangaben, gezielte Herstellerabfrage

Bereich	...	...	...	...	...	...
Verfahrenstechnik	-	++	-	++	++	-
Produkte	-	++	-	++	++	-
Organisationsform	-	++	-	++	++	-
Ökonomie	-	+	-	-	++	-
Ökobilanz und Verbrauch	-	++	-	++	++	-

Datenlage insgesamt

Gute Datenlage
Datenlage mit hohem Unsicherheitsfaktor
Keine/ kaum verwertbare/n Daten

Abb.: RWTH Aachen

Datenlage aus Herstellerabfrage

- ++ alle Fragen ausführlich beantwortet
- + Fragen unbefriedigend beantwortet
- Fragen nicht beantwortet

Bewertung und Wahl eines P-Rückgewinnungsverfahrens

Weitere Eingrenzung möglicher Verfahren

- a) Anforderungen aus spezifischen Randbedingungen
- b) Datensammlung und –bewertung
- c) **Anschließende vergleichbare Systemstudien mit Vorplanungselementen für die finale Entscheidung**
 - Grundlagenermittlung mit den zu behandelnden Aschen
 - Konzeption des Verfahrens für den Anwendungsfall, Vordimensionierung und Auswahl der Aggregate/Komponenten, Aufstellungsplan, Kostenschätzung
 - Basis ist eine detaillierte Leistungsbeschreibung, die gleichzeitig die Bewertungsgrundlage bildet

Bewertung und Wahl eines P-Rückgewinnungsverfahrens

Finale Festlegung auf ein Verfahren

Detaillierte Leistungsbeschreibung (Bewertungsmatrix)

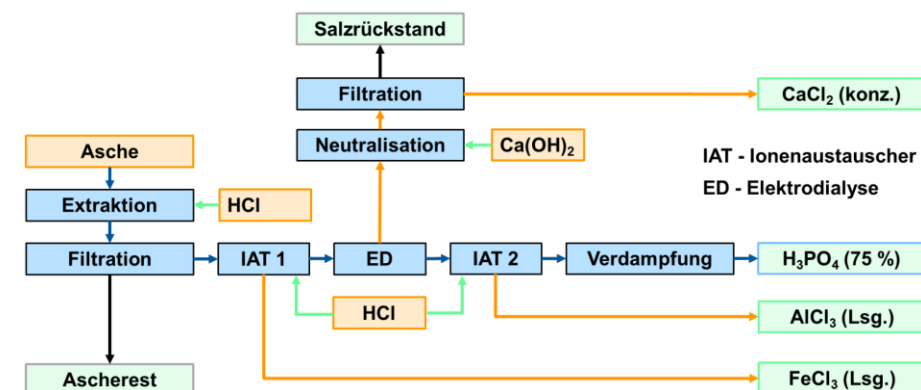
Technische und kaufmännische Vorgaben				Anforderung an die Anlagenperipherie				Anforderung an die Kostenschätzung			
Technische und kaufmännische Vorgaben (Auslegungsgrößen, Infrastrukturelle und technische Randbedingungen, kaufmännische Rechengrößen)				Technische Anforderungen (Leistungsanforderungen an die Anlage, Anforderungen an die Anlagenperipherie, Konformität mit Standards)				Anforderungen an die Kostenschätzung (Ermittlung und Darstellung der Investitions- und Betriebskosten, Planungsaufwand und Serviceleistungen)			
Anforderungen an die Darstellung (Übersichten, Diagramme, Zeichnungen/Pläne)				Anforderungen an die Darstellung (Übersichten, Diagramme, Zeichnungen/Pläne)				Anforderungen an die Darstellung (Übersichten, Diagramme, Zeichnungen/Pläne)			

Fazit und Ausblick

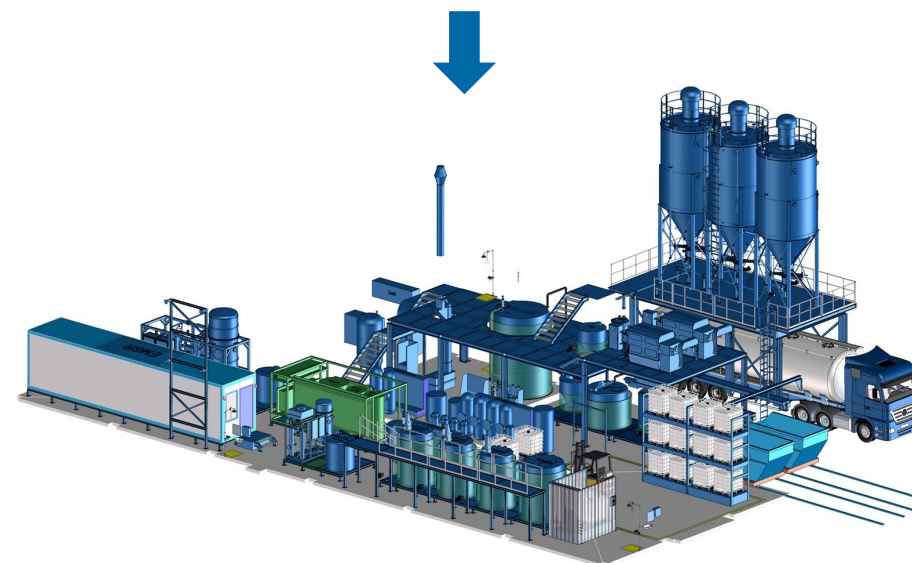
Umsetzung in Bottrop



- Gemeinsame Gesellschaft der Wasserverbände für Planung, Bau und Betrieb (PhosRec Phosphor-Recycling GmbH)
- Anlage nach dem PARFORCE-Verfahren mit einer jährlichen Kapazität für bis zu 1.000 t KSA
- Durchsatz signifikanter Aschemengen und Produktmengen zur Erzeugung belastbarer Daten
- Start des Demonstrationsbetriebs ab März 2025
 - Kampagnenbetrieb (max. Durchsatz rd. 40 t KSA / ~120 kg/h)
 - Einsatz unterschiedlicher Aschen aus den Verbandsgebieten
 - Spezifische Optimierung, u.a. Effizienzsteigerung bei unterschiedlichen Aschequalitäten
 - Produkt-/Nebenproduktqualität
- **Detaillierte Charakterisierung der Produkte und Reststoffe, Ableitung von Verfahrenskenngrößen**



Fließschema PARFORCE-Technologie ®





Vielen Dank!

Hanna Evers (Ruhrverband)
hev@ruhrverband.de

www.ruhrverband.de/wissen/projekt-amphore
www.phosrec.de

Gefördert durch: