



## Regionales Klärschlamm- und Aschen-Management zum Phosphorrecycling für einen Ballungsraum

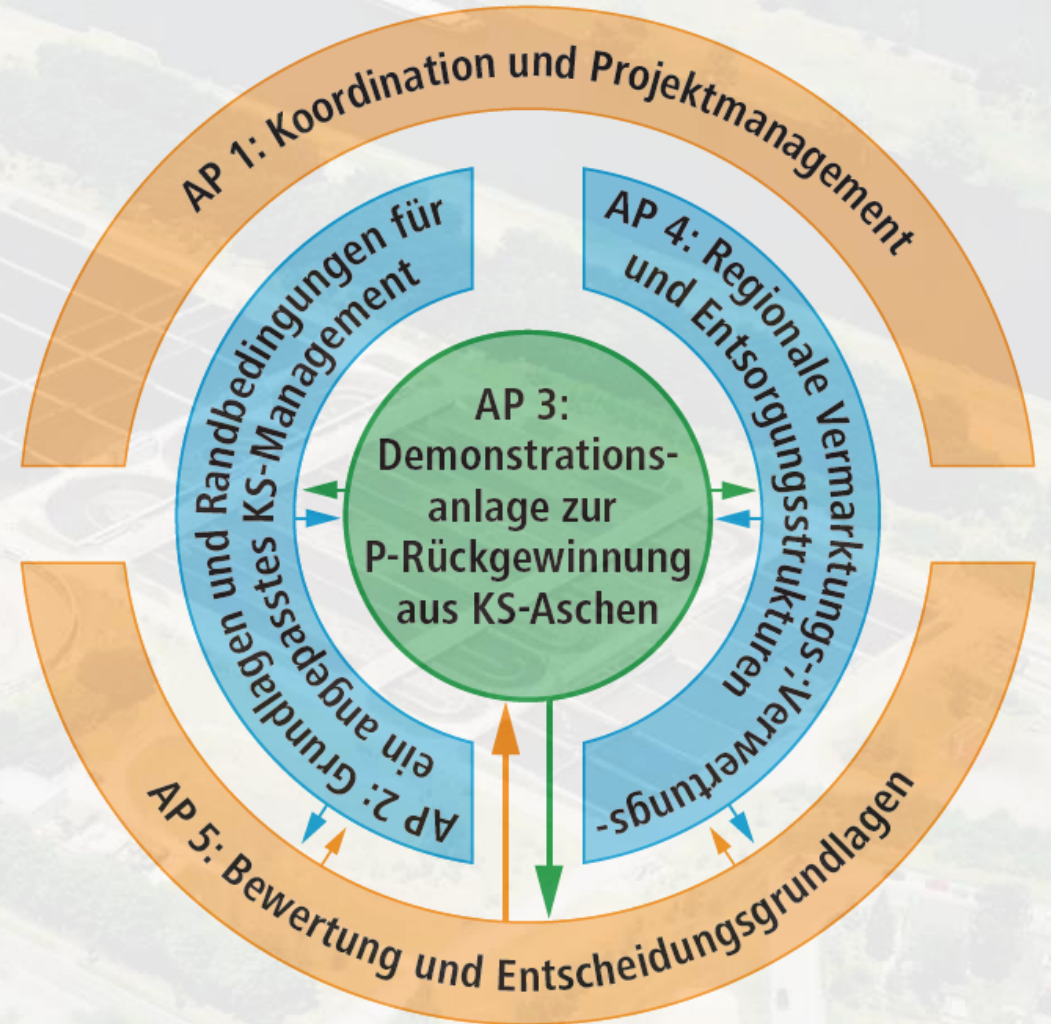
Bericht zum Statusseminar der BMBF-Fördermaßnahme „Regionales Phosphor-Recycling“ (RePhoR)

Hanna Evers (Ruhrverband)

GEFÖRDERT VOM

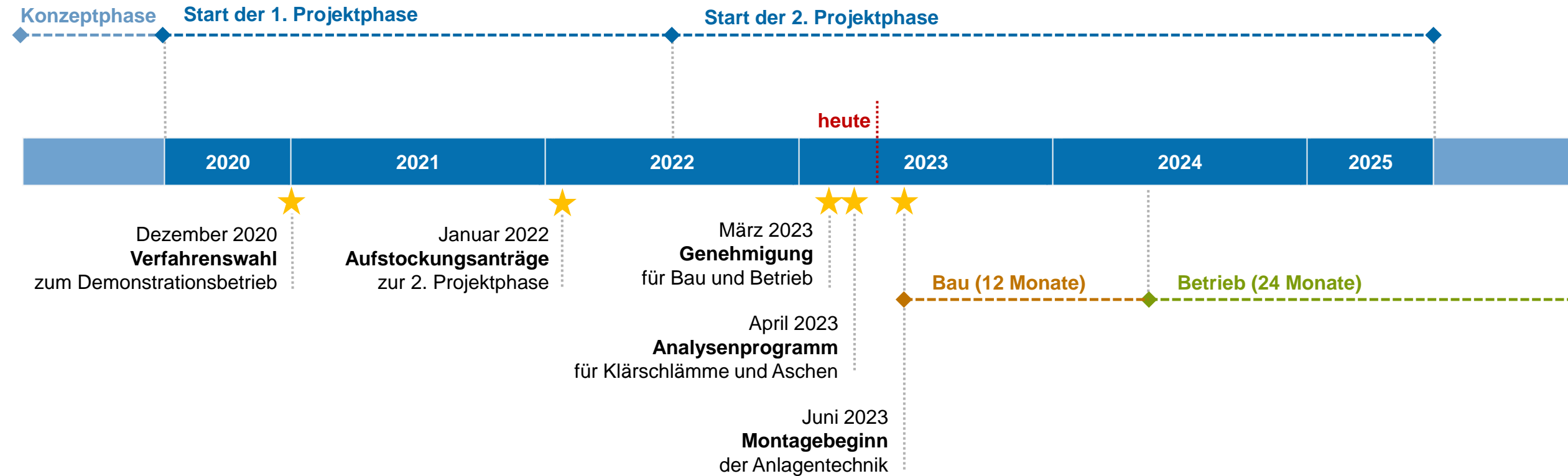
# Agenda

- Überblick der Projektlaufzeit
  - inkl. Meilensteine
- Zwischenergebnisse und Arbeitsstände
- Ausblick



# Überblick der Projektlaufzeit

## Projektmeilensteine



### Grundlagen und Randbedingungen

- Gemeinsame Gesellschaft zum Bau und Betrieb
- Gemeinsame KS- und Aschen-Datenbank der Verbände inkl. Analyseprogramm
- Varianten zum KS- und Aschen-Management im Verbundgebiet
- Planungen zur Demonstrationsanlage inkl. Genehmigung
- Überblick zur Marktsituation für Produkte und Nebenprodukte sowie Entsorgungswege
- Erste ökologische Bewertung der Verfahrenstechnik inkl. Optimierungsansätzen



# AP 2.1: Sammlung und Aufbereitung von Grundlegenden Daten

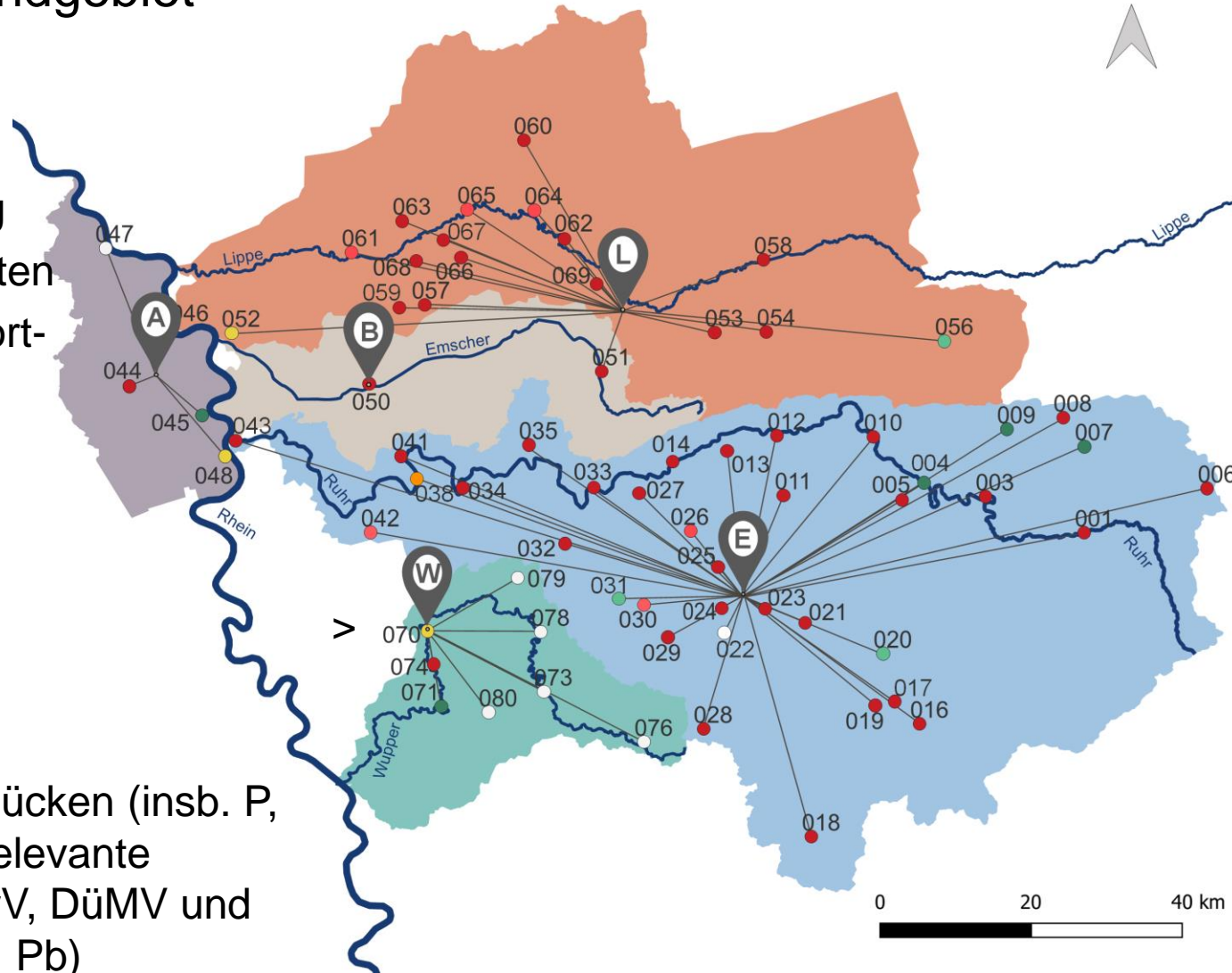
## Stoffströme im Verbundgebiet

### Verbandsdaten

- KS-Mengen
- KS-Zusammensetzung
- Verbrennungskapazitäten
- Standorte und Transportentfernungen

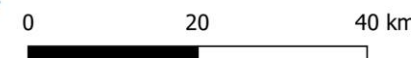
### Analysenprogramm

- 09/2020 – 09/2021
    - 22 KA und 4 VA
  - 01/2022 – 12/2022
    - 10 KA und 4 VA
- Schließung von Datenlücken (insb. P, Fe, Al, Ca, Mg sowie relevante Parameter von AbklärV, DüMV und DepV (insb. Cd, Cu, Ni, Pb))



### Legende

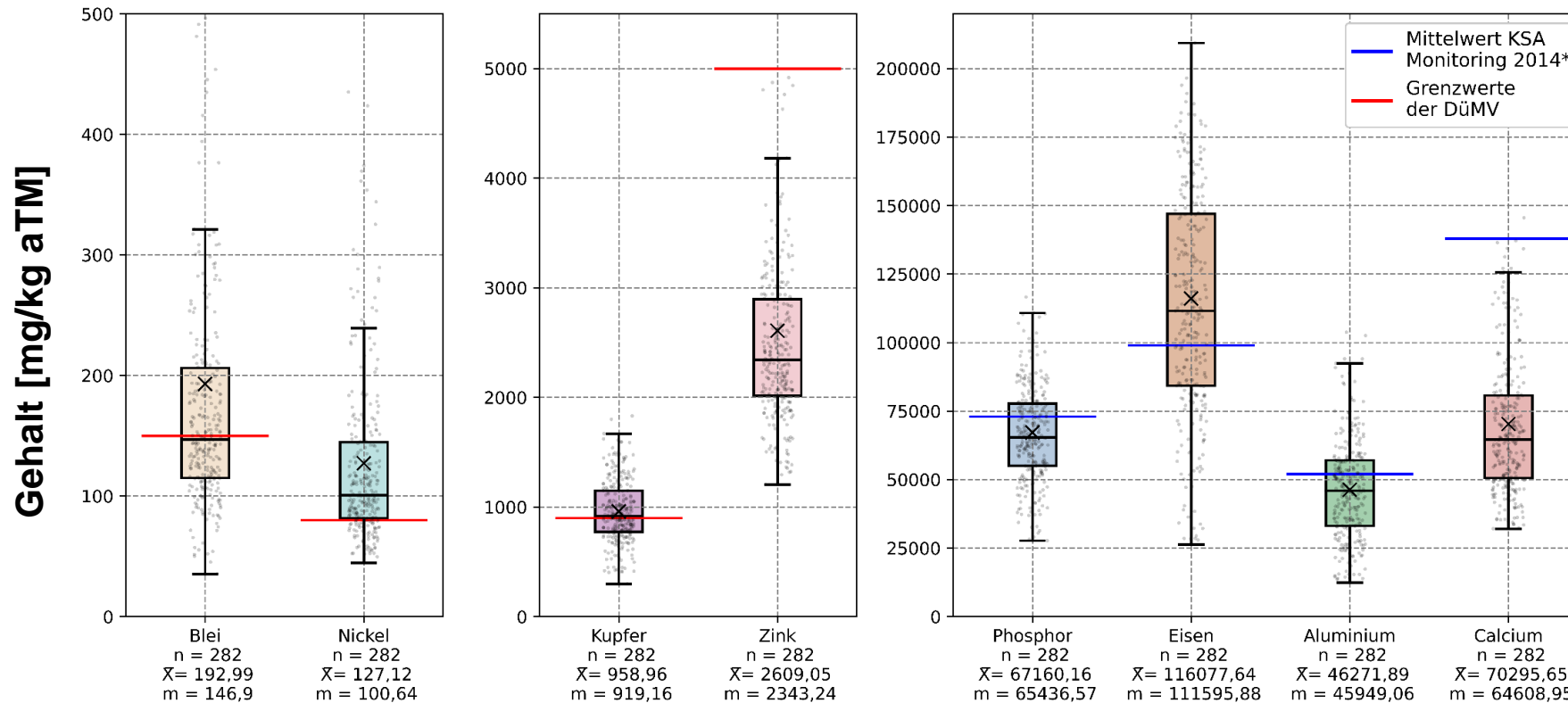
- Belieferte VA
- Flüsse
- Verbrennungsanlagen:
  - SVA Buchenhofen
  - WFA Elverlingsen
  - MVA Asdonkshof
  - Innovatherm Lünen
  - WFÖ Bottrop
- Kategorisierung KSA 2020:
  - Kategorie 1A
  - Kategorie 1B
  - Kategorie 2A
  - Kategorie 2B
  - Kategorie 3A
  - Kategorie 3B
  - Kategorie „unbekannt“
- Wasserverbände:
  - WV
  - RV
  - LINEG
  - LV
  - EG



Ehm et al. 2023

# AP 2.2: Klärschlamm- und Asche-Management (1)

## Klärschlammzusammensetzung (mineral. Anteil)

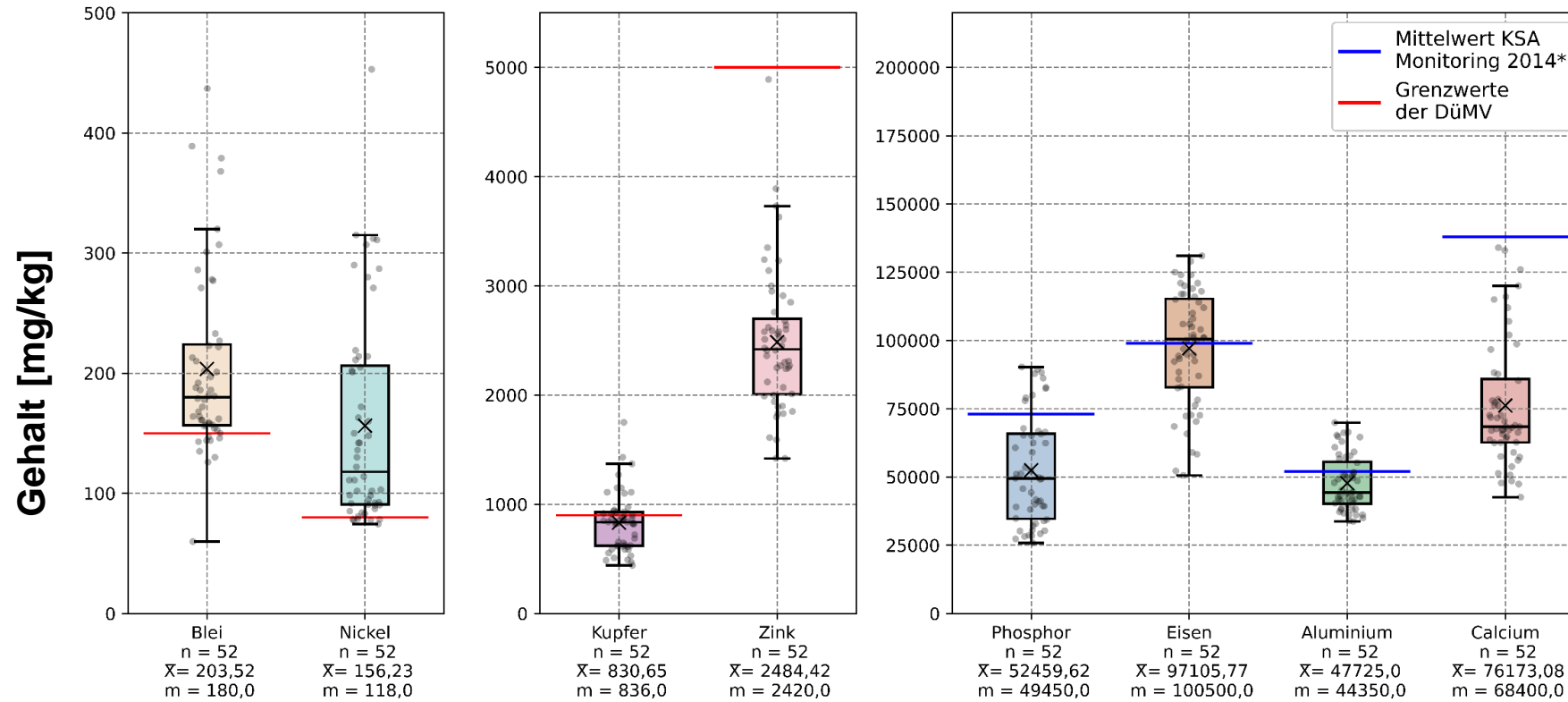


Ehm et al. 2023

- Vergleichsweise hohe Schwermetallgehalte und niedrige Phosphorgehalte
- Niedrige Phosphorgehalte erschweren die Phosphor-Rückgewinnung
- SM-Gehalte machen Aufbereitungs- oder Managementmaßnahmen notwendig

# AP 2.2: Klärschlamm- und Asche-Management (2)

## Klärschlamm- und Aschezusammensetzung



Ehm et al. 2023

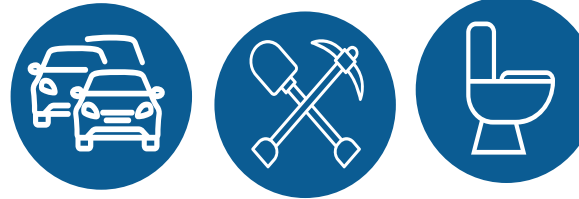
- Keine Asche erfüllt (konstant) Grenzwerte der Düngemittelverordnung
- Nasschemisches Verfahren mit Schwermetall-Entfernung obligatorisch  
→ zentrales Element des AMPHORE-Konzepts

# AP 2.2: Klärschlamm- und Asche-Management (3)

## Schwermetalleintragungen im Verbundgebiet

### Eintragung durch diffuse Quellen

- Verkehrsemissionen
- Geogene Einflüsse
- Häusliches Abwasser



→ Verbundgebiet mit verhältnismäßig hohen Belastungen

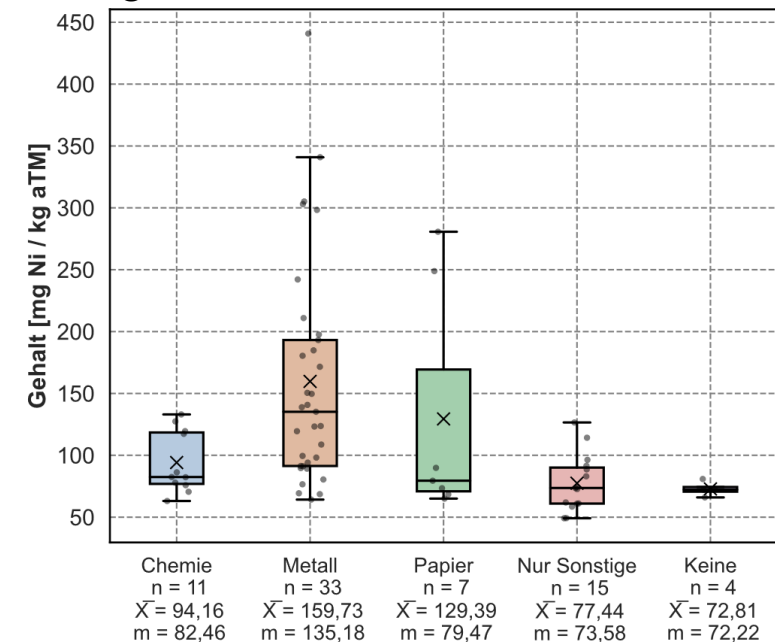
→ „Unvermeidbare“ Eintragungen, daher Einflussnahme vermutlich schwierig

### Eintragung durch punktuelle Quellen

- Industrielle Indirekteinleiter
  - Einsatz (belasteter) Fällmittel
- } Insbes. Nickel

→ Einzelfallbetrachtung notwendig

→ Kläranlagen-spezifische Maßnahmen möglich



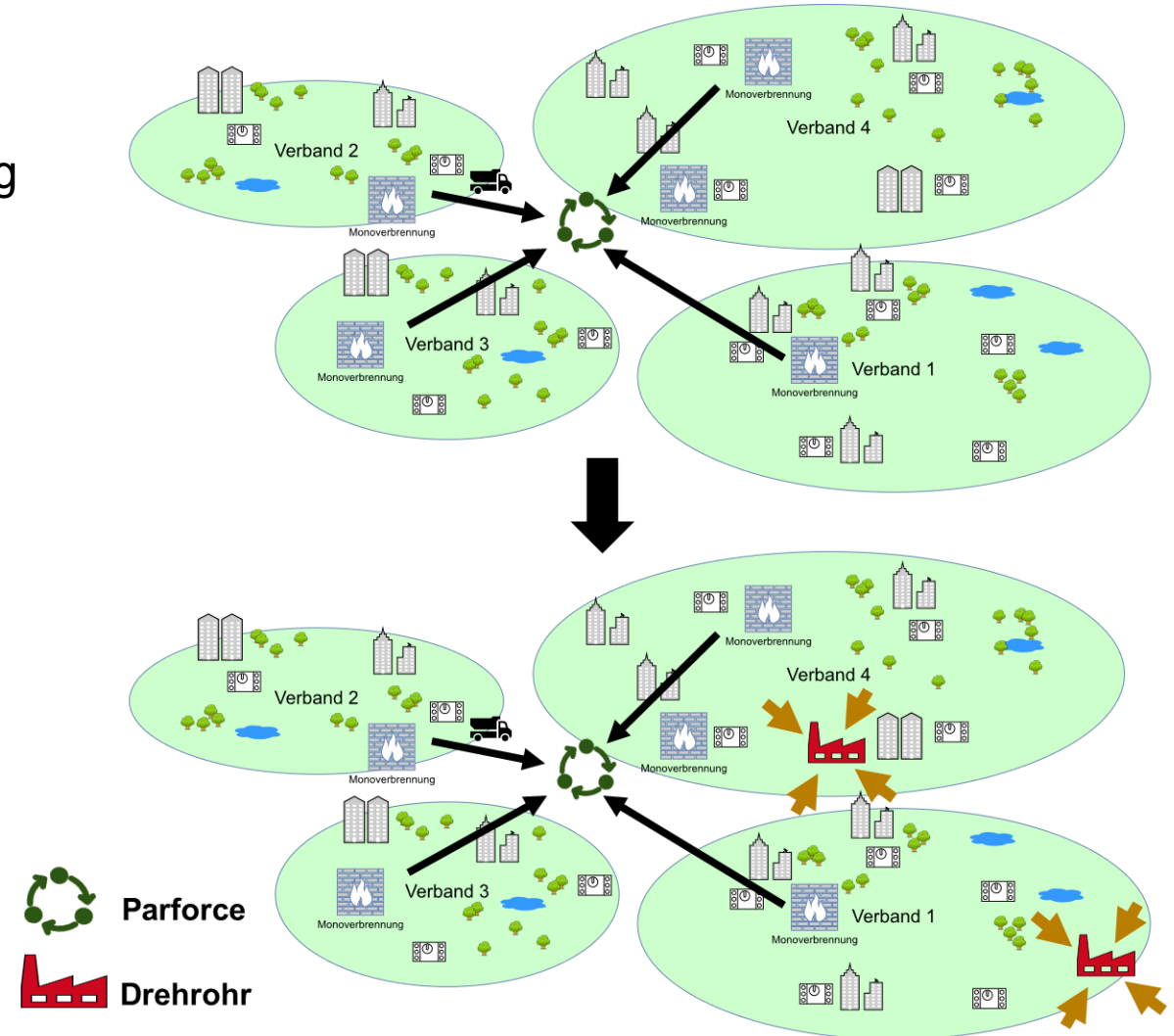
# AP 2.2: Klärschlamm- und Asche-Management (4)

## Strategische Maßnahmen

### Varianten

- Nasschemische Behandlung (PARFORCE) bleibt zentraler Bestandteil zur Phosphor-Rückgewinnung
- Unterschiedliche Ausprägungen der Kooperation zwischen den Verbänden
- Dezentrale Klärschlammaufbereitung
  - Geeignete Zusammensetzung (niedrige Schwermetallgehalte)
  - Ausreichende Mengen

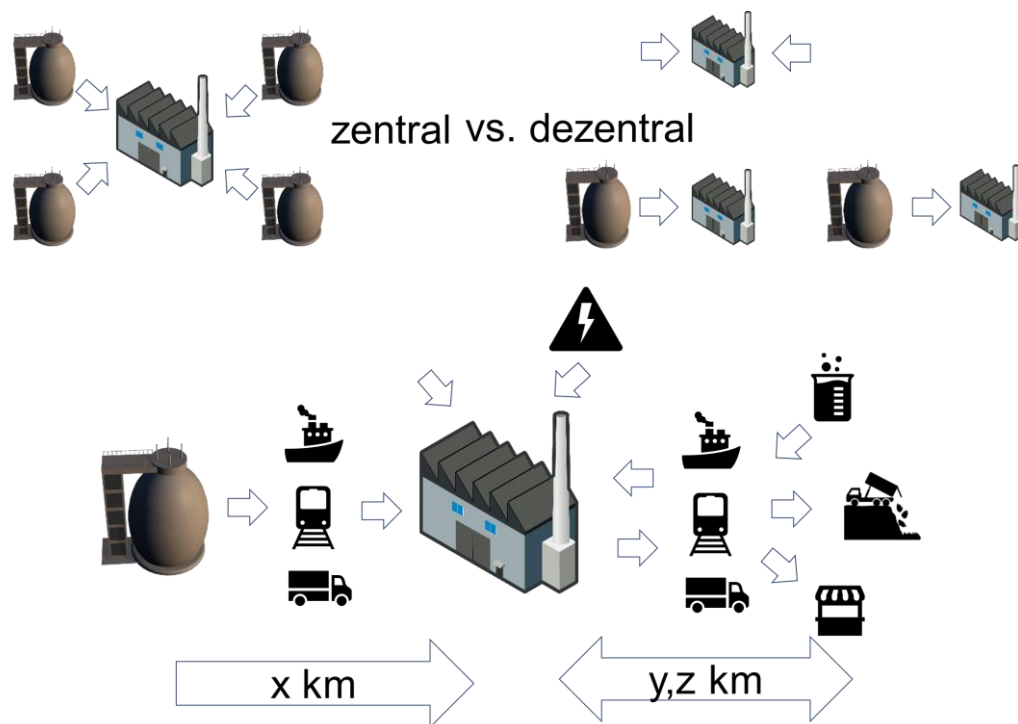
→ Varianten zeigen alternative Strategien sowie Möglichkeiten zur Senkung von Transportwegen, Betriebsmittel-, Entsorgungs- und Energiekosten auf





# AP 2.3: Standorte und Logistik (1)

## Standortarten



### Kläranlage

- Optimalerweise gleichzeitig Standort einer Monoverbrennungsanlage
- Aschen können direkt an Ihrem Entstehungsort weiterverarbeitet werden
- Gesicherte Entsorgung von Prozesswässern
- Ggf. direkter Einsatz von Nebenprodukten (bspw. Fe-/Al-Salze)

### Deponie

- Entsorgungsstandort für abgereicherte Klärschlammaschen
- Ggf. Entsorgung weiterer Reststoffe aus dem Recyclingprozess.

### Chemiestandort (bspw. Chemiepark)

- Idealerweise erforderliche Hilfsstoffe (Säuren, Laugen,...) vorhanden
- Produkte und Nebenprodukte können ggf. direkt in ansässigen Unternehmen verwendet werden
- Optimalerweise verkehrlich gute Standortanbindung (Mehrmodalität)

### Grüne Wiese

- Bietet idealerweise die Planung und den Bau einer Anlage, ohne Bestandsrestriktionen

# AP 2.3: Standorte und Logistik (2)

## Anforderungen der Phosphor-Rückgewinnung

### Stoffströme

Stoffstrom	Faktor pro t KSA	Kapazität der Phosphor- Recyclinganlage		
		30.000	70.000	120.000
<b>KSA</b>	<b>1,0</b>	<b>30.000</b>	<b>70.000</b>	<b>120.000</b>
Hilfsmittel	0,5 bis 1,5	15.000 bis 45.000	35.000 bis 105.000	60.000 bis 180.000
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (75%)	0,2	6.000	14.000	24.000
Ca-Neben- produkte	0,3 bis 0,4	9.000 bis 12.000	21.000 bis 28.000	36.000 bis 48.000
Fe/Al-Neben- produkte	1,0 bis 2,0	30.000 bis 60.000	70.000 bis 140.000	120.000 bis 240.000
Rückstände	1,0 bis 1,2	30.000 bis 36.000	70.000 bis 84.000	120.000 bis 144.000
<b>Gesamt</b>	<b>2,5</b>	<b>120.000</b>	<b>280.000</b>	<b>363.000</b>
<b>von...bis...</b>	<b>bis 3,8</b>	<b>bis 189.000</b>	<b>bis 441.000</b>	<b>bis 756.000</b>

Transport goods depending on the annual throughput of a P-recovery plan with wet chemical process (Blöhse et al. 2021, verändert)

### Rahmenbedingungen

#### Menge Klärschlammaschen

- Dezentral: ca. 20.000 bis 50.000 t/a
- Zentral: ca. 80.000 bis 120.000 t/a

#### Flächenbedarf

- Dezentral: ca. 3.000 bis 5.000 m<sup>2</sup>
- Zentral: ca. 10.000 bis 15.000 m<sup>2</sup>

#### Transportleistung

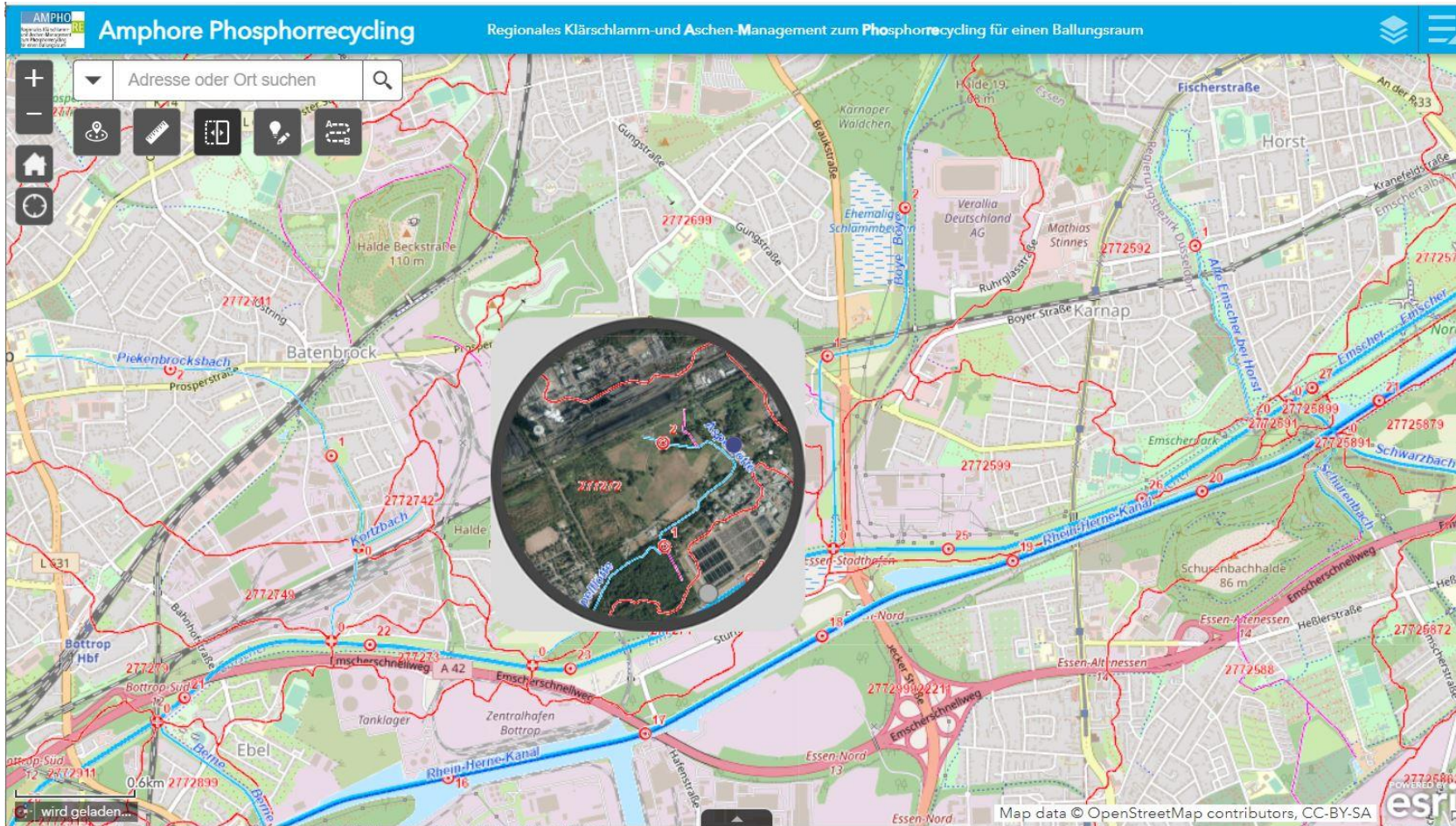
- Dezentral: ca. 4.000 bis 7.500 LKW/a
- Zentral: ca. 18.000 bis 24.000 LKW/a

→ Anforderungsprofil für zukünftige Standorte



# AP 2.3: Standorte und Logistik (3)

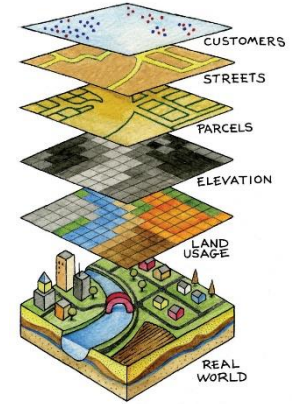
## GIS-Bewertungstool



### Datengrundlage

- Standortattribute (Ort, Art, Fläche, vorhandene Produkte, Anbindung, ...)
- Geoinformationen (Layer), bspw. Siedlungsstrukturen, Naturschutzgebiete, Infrastruktur)

<https://lemplattform.m.map-site.de/lib/exe/fetch.php/ggis/basic/imagis/gis-cake.jpg>



### Tool

- Auswertung der Daten und Informationen zur Bewertung einzelner Standorte
- Mögliche Nutzung von Routing-Tools für Straßen, ggf. Schiene
- Anwendung von Auswerterroutinen

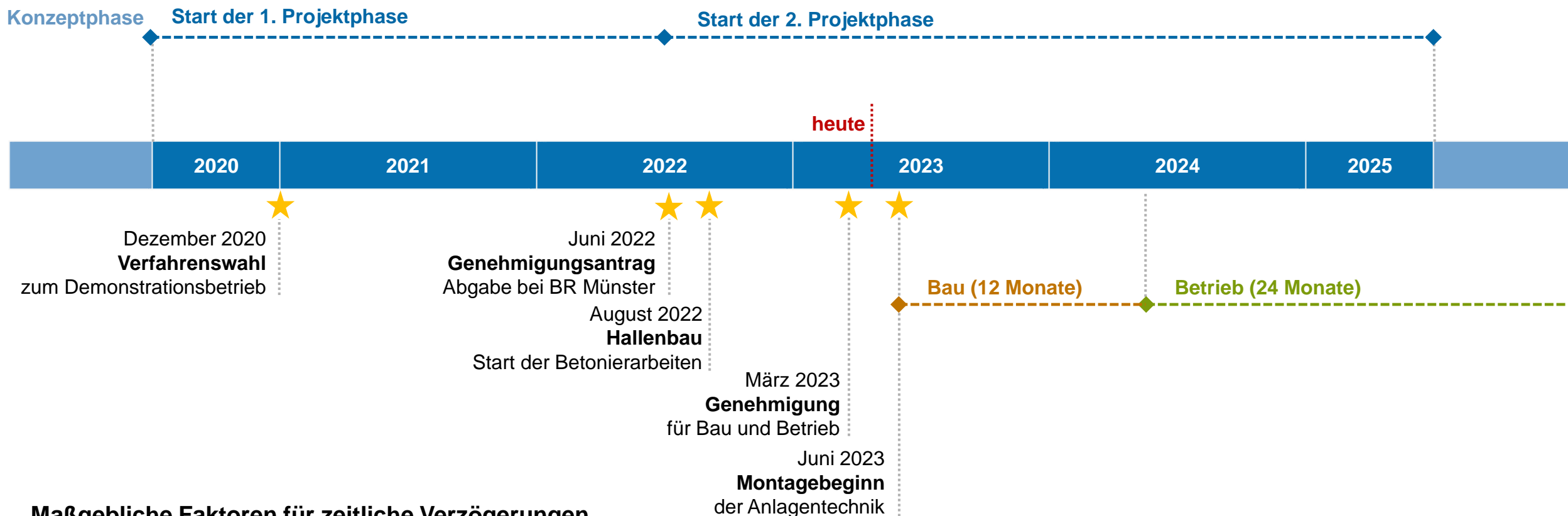
# AP 3.1: Planung und Genehmigung (1)

## Bearbeitung über die Projektlaufzeit



**PHOSREC**  
Phosphor-Recycling GmbH

**AMPHO** RE  
Regionales Klärschlamm-  
Aschen-Management  
und Phosphorrecycling  
in einem Ballungsraum



### Maßgebliche Faktoren für zeitliche Verzögerungen

- Trotz „vereinfachtem“ Genehmigungsverfahren sehr hoher Aufwand mit kleinteiliger Bearbeitung, Nachforderungen und vielen Schnittstellen
- Weiterhin unsichere Verfügbarkeiten und lange Lieferzeiten sowie hohe Preissteigerungen
- Einarbeitung von Änderungen an der Anlage im Zuge der Ausführungsplanung



# AP 3.1: Planung und Genehmigung (2)

## Rahmenbedingungen



**PHOSREC**  
Phosphor-Recycling GmbH

**AMPHO RE**  
Regionales Klärschlamm-  
und Aschen-Management  
zum Phosphorrecycling  
für einen Ballungsraum

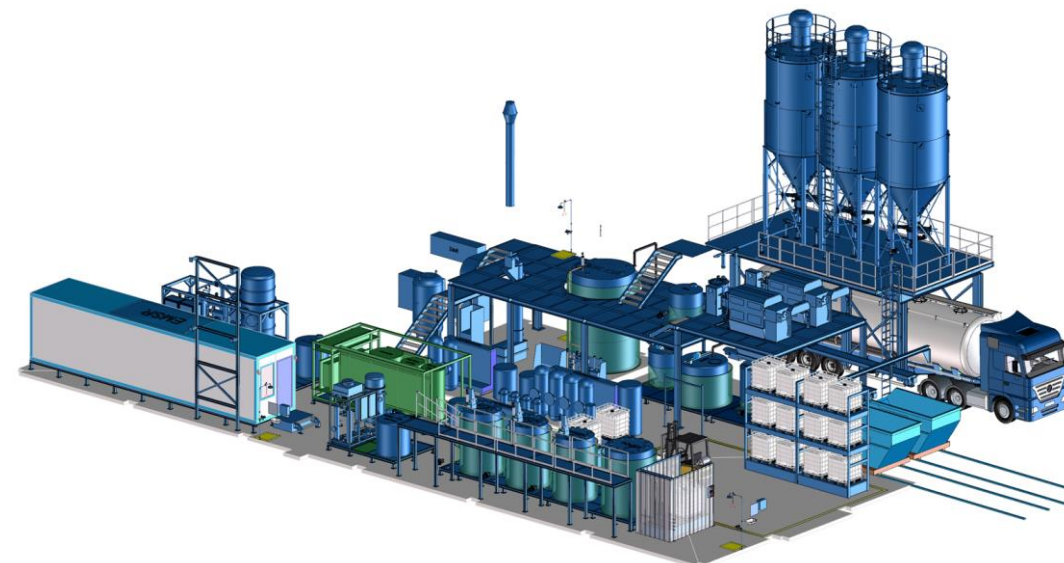
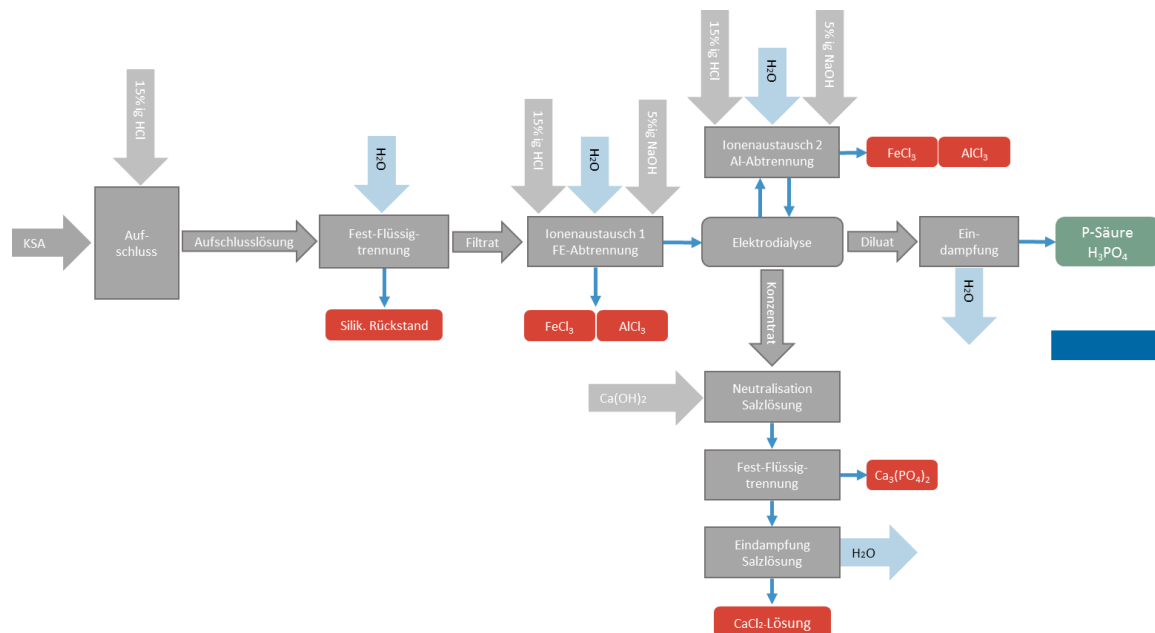


Bild: PhosRec

- PhosRec GmbH als gemeinsame Gesellschaft der Wasserverbände für Planung, Bau und Betrieb der Phosphor-Rückgewinnungsanlage
- PARFORCE Technology Cooperation GmbH (Marl) als Unterauftragnehmer
- Umsetzung des auf die Verbundtaschen angepassten PARFORCE-Verfahrens

# AP 3.1: Planung und Genehmigung (3)

## Ziele des Demonstrationsbetriebs

- Standort auf der Kläranlage Bottrop (EG)
- Zweijähriger Versuchsbetrieb (vsl. 2024 – 2026)
- Theoretischer Durchsatz: 1.000 kg<sub>KSA</sub>/a
- Kampagnenbetrieb zur Prozessierung unterschiedlicher Ausgangsaschen
- Verfahrenstechnische Optimierung hinsichtlich der Produktqualität und des Neben-/Reststoffanfalls
- Ableitung von Verfahrenskenngrößen



**PHOSREC**  
Phosphor-Recycling GmbH

**AMPHO** **RE**  
Regionales Klärschlamm-  
und Aschen-Management  
zum Phosphorrecycling  
für einen Ballungsraum



Bild: Emschergenossenschaft

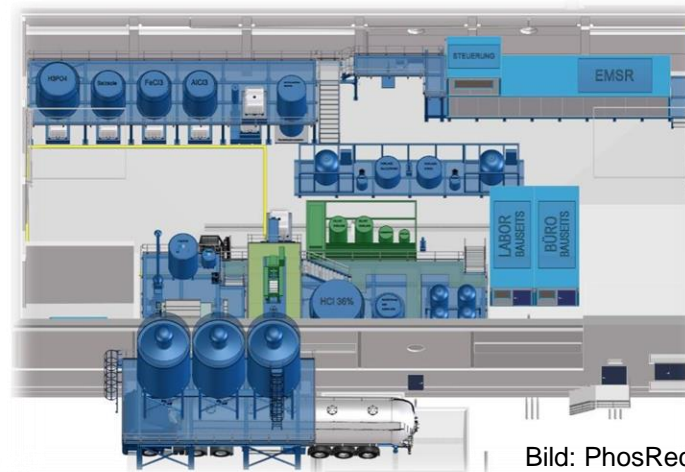


Bild: PhosRec



# AP 3.2: Bau der Demonstrationsanlage

## Vorbereitender Hallenbau



**PHOSREC**  
Phosphor-Recycling GmbH

**AMPHO** RE  
Regionales Klärschlamm-  
und Aschen-Management  
zum Phosphorrecycling  
für einen Ballungsraum



Rohbau Innenansicht  
(Dez. 2022)

Rohbau Außenansicht  
(Dez. 2022)

Außenansicht  
(März 2023)

Innenansicht  
(März 2023)

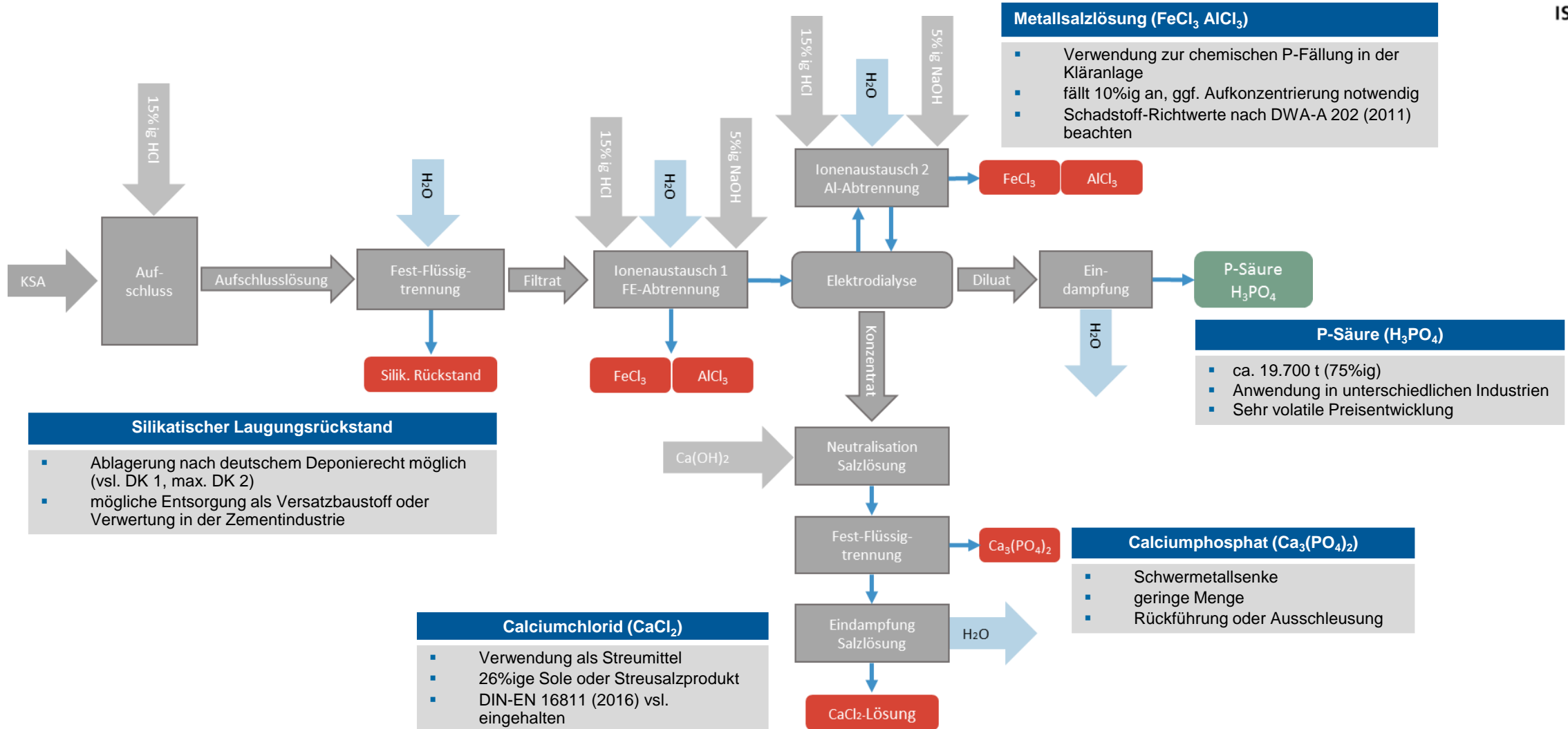
Lieferung Anlagenteile  
(März 2023)

### Weitere Schritte

- Voraussichtliche Montagezeit der Anlagentechnik: 12 Monate ab Juni 2023
- Parallel Planung der Inbetriebnahme und der Betriebsbegleitung (operativ und wissenschaftlich)

Bilder: PhosRec und EG

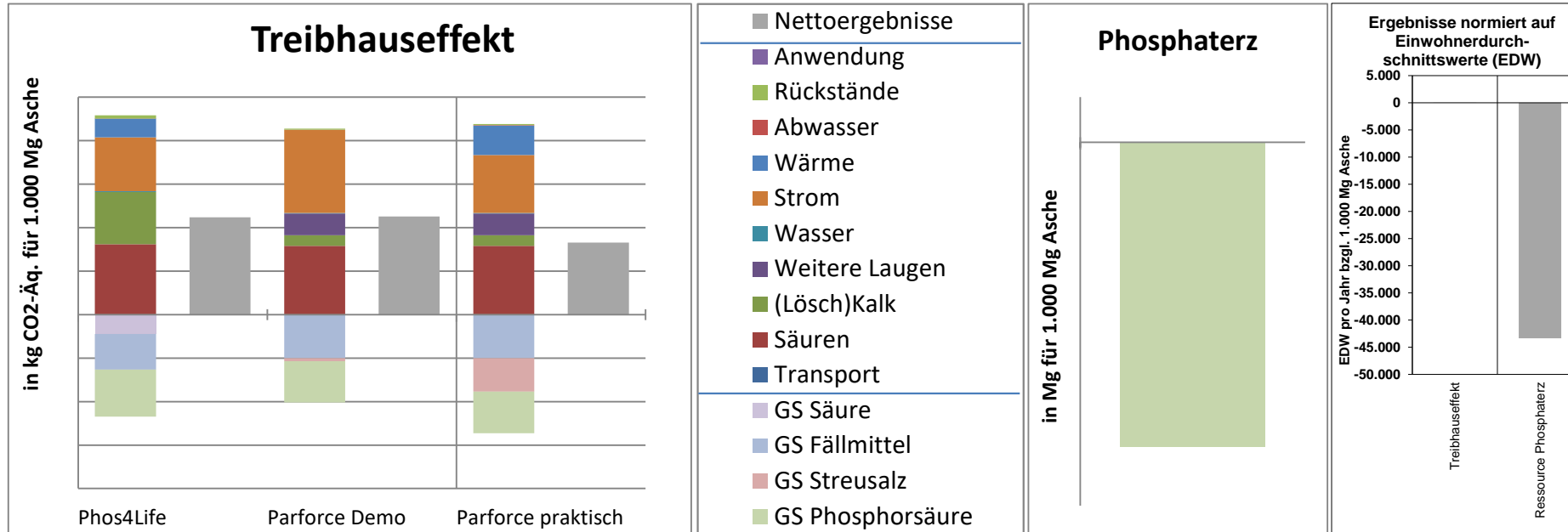
# AP 4.1 und 4.2: Produkte und Nebenprodukte Anfall und Verwertung





# AP 5.3: Ökologische Bewertung Phosphor-Rückgewinnung (1)

## Vorläufige Betrachtung



### Stellschrauben PARFORCE:

- Aufwand zur Bereitstellung von Salzsäure
- Strombedarf, (Wärmebedarf)
- Qualität und Einsatzmöglichkeiten (Neben)Produkte
- Energiebedarf wird großtechnisch kleiner werden

Lasten im Treibhauseffekt sind normiert klein im Vergleich zur rückgewonnenen Menge Phosphor

- Vorketten (Betriebsmittel, Energie) und Daten zum PARFORCE-Verfahren sukzessive realitätsnah und standortbezogen abbilden
- Modell zum PARFORCE-Verfahren wird optimiert
- Varianten abbilden
  - Weitere P-Rückgewinnungsverfahren (Phos4Green, Euphore)
  - Transporte und Veränderung der Ascheentsorgung integrieren
  - Einfluss von Aschequalitäten auf P-Rückgewinnungsverfahren
  - Einbezug weiterer vorgelagerter Schritte



Bau und Inbetriebnahme der Phosphor-Rückgewinnungsanlage



Zusammenführung der Arbeiten mit den Erkenntnissen aus dem Demonstrationsbetrieb



Szenarienprozess für zukünftige Entwicklungen, Einflussfaktoren und Abhängigkeiten bei der Phosphor-Rückgewinnung



Integration der Ergebnisse zur AMPHORE-Vorzugsvariante



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

Hanna Evers (Ruhrverband)  
[hev@ruhrverband.de](mailto:hev@ruhrverband.de)

FKZ 02WPR1543A-K  
Projekthomepage:  
[www.ruhrverband.de/wissen/projekt-amphore](http://www.ruhrverband.de/wissen/projekt-amphore)

GEFÖRDERT VOM