



Pfade der Phosphorrückgewinnung und mögliche Ansätze

HESSISCHER PHOSPHORDIALOG
Workshop „Ausschreibungen“

4. Dezember 2025

Tabea Knickel

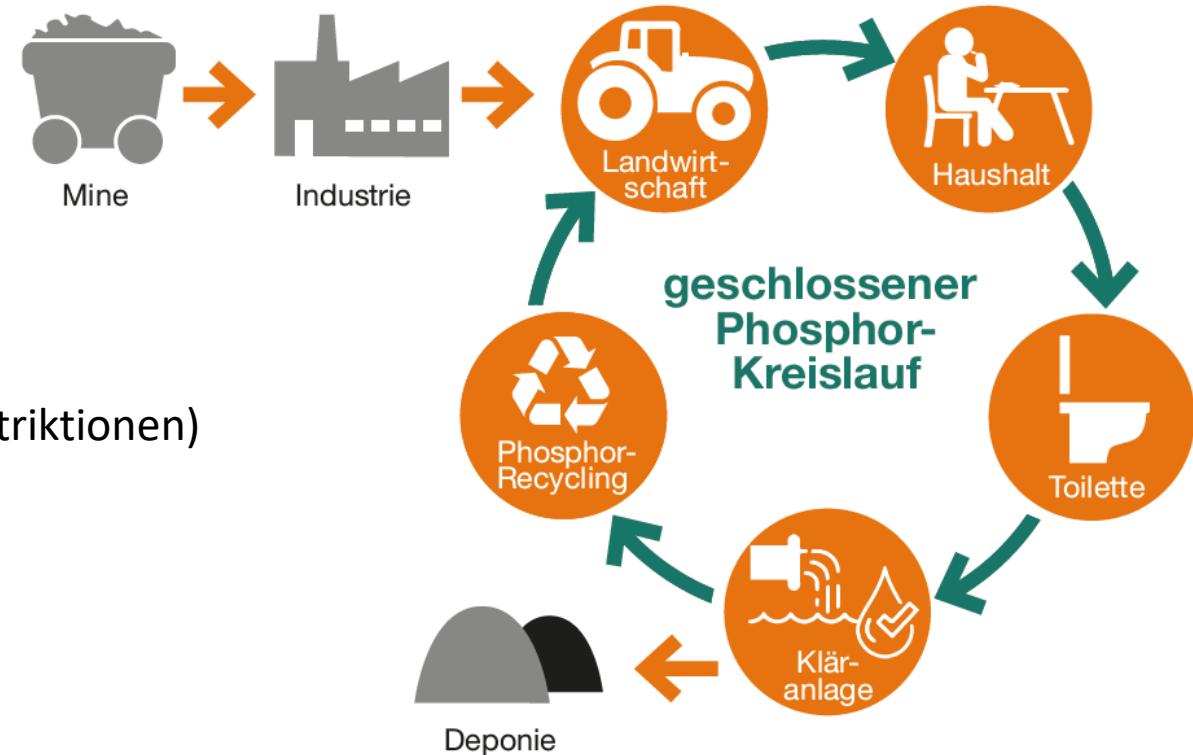
Unsere Mitglieder



Motivation zur Phosphorrückgewinnung

Ziele der Kreislaufwirtschaft

- Schließen von Stoffkreisläufen
- Verringerung der Abhängigkeit von Importen
(besonders wegen geopolitischer Instabilität & Exportrestriktionen)
- Rohstoffvorräte schonen
- Verringerung des Schadstoffeintrags in Böden
- Ernährungssicherheit
- Erlangen einer Autarkie → Nationale Strategie zur Ressourceneffizienz



→ Zur langfristigen Sicherung der Lebensmittelproduktion ist die Phosphorrückgewinnung essenziell!

Rechtlicher Rahmen zur Phosphorrückgewinnung

Klärschlammverordnung (AbfKlärV 2017)

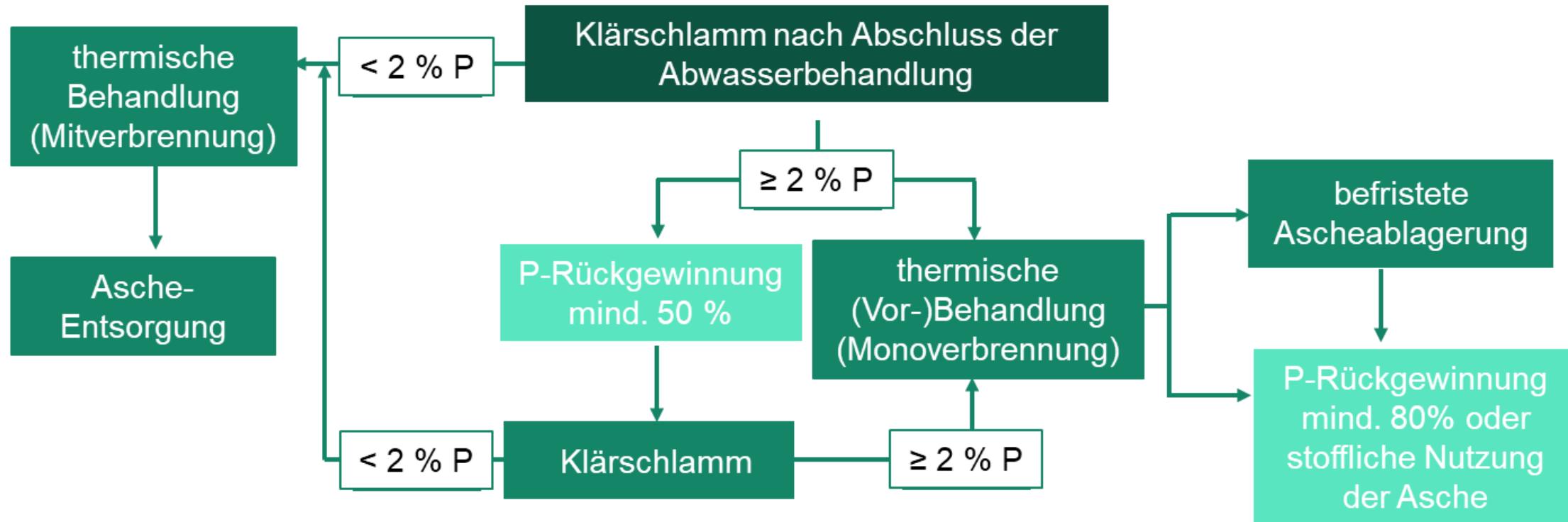
Wesentliche Inhalte der neuen Regelungen

- Phosphorrückgewinnungspflicht für kommunale Klärschlämme
- gesetzliche zeitliche Vorgabe zur Umsetzung
- Verbot der bodenbezogenen Verwertung von Klärschlamm
- Grenzwertvorgaben

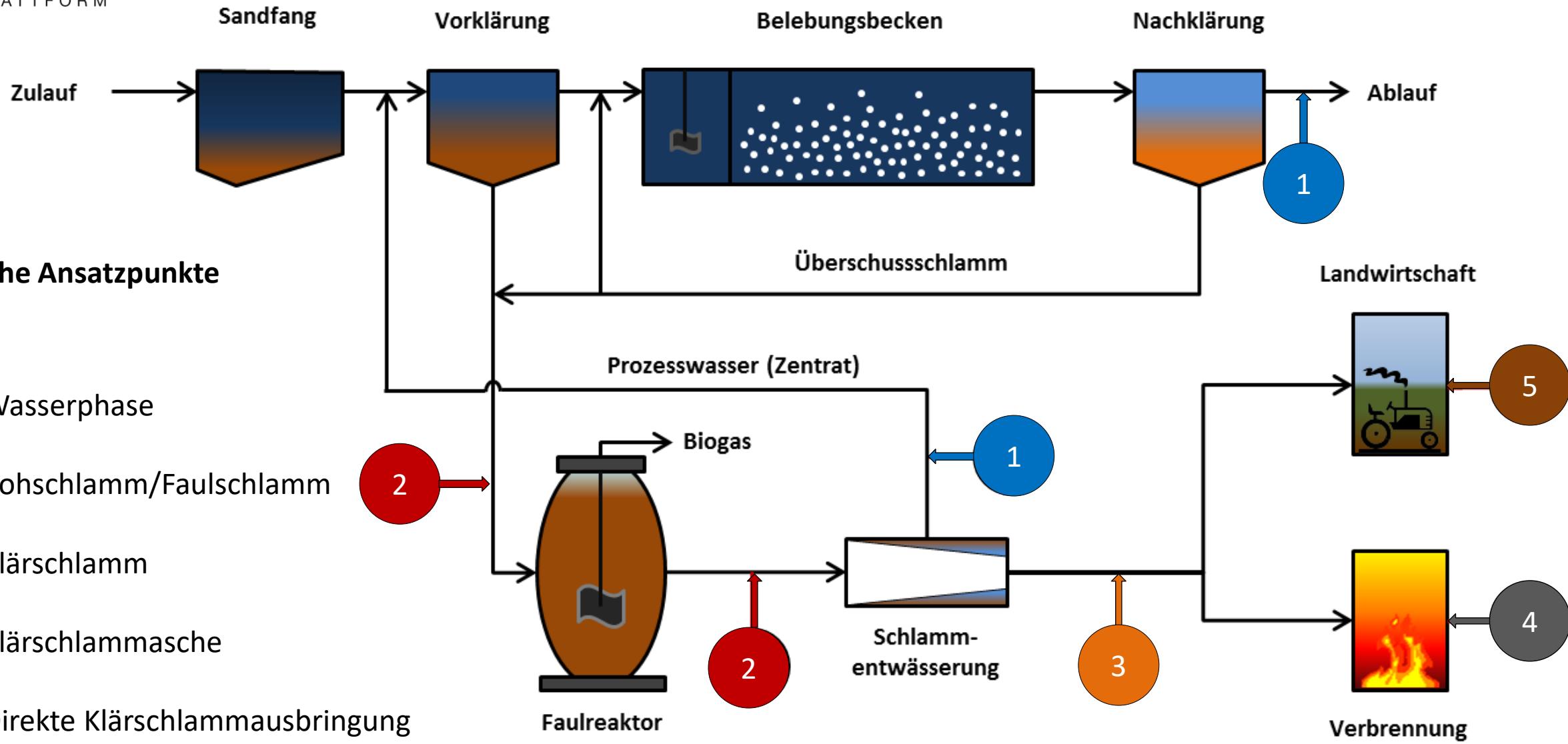
Klärschlammverordnung (AbfKlärV 2017)

Regelungen zu Entsorgungs-/ Verwertungswegen bei nicht bodenbezogener Verwertung

Grenzwertüberschreitungen oder gemäß Größenklasse



Technische Verfahren zur Phosphorrückgewinnung



Technische Verfahren zur Phosphorrückgewinnung

Verfahrenstypen im Überblick

Geltungsbereich **Wasserrecht**
(vor AbfKlärV; Ziel < 20 g P/kg TM)

2

Schlammwasser

P-Fällung mit Fällmittel,
Abtrennung

→ Struvit-Dünger

3a

Faulschlamm

Ansäuerung /
P-Rücklösung,
Fest- Flüssigtrennung,
P-Fällung mit Fällmittel
in der Flüssigphase,
Abtrennung

→ Struvit-Dünger

Geltungsbereich **Abfallrecht**
(Rückgewinnung von Phosphor nach AbfKlärV)

3b

Klärschlamm

Thermochemische
(Nach-) Behandlung
= Verbrennung unter
Zugabe von Additiven

→ Modifizierte Asche
→ P-Dünger

4

Klärschlammverbrennungsasche

Leaching = Aufschluss der
Asche mit Säure
Fest-Flüssigtrennung

Ja nach Verfahren:
→ Granulierung → P-Dünger
oder
→ Aufkonzentrierung der
Phosphorsäure

Technische Verfahren zur Phosphorrückgewinnung

Verfahrenstypen im Überblick

Technologiereifegrade (TRL) der Phosphor-Rückgewinnungsverfahren ab TRL > 6 (Stand Ende 2022)
 – Einschätzung der RWTH Aachen (Refoplan-Vorhaben EvKK)

Geltungsbereich Wasserrecht
 (vor AbfKlärV; Ziel < 20 g P/kg TM)

2

Schlammwasser

Multi-Solid	TRL 6-7
NuReSys	TRL 8
Pearl	TRL 9
PHOSPAQ	TRL 9
P-RoC	TRL 6-7
SIMPhos	TRL 6-7

3a

Faulschlamm

Air-Prex	TRL 9
Erw. PARFORCE- Ansatz	TRL 6-7
Gifhorn	TRL 6
PhosForce	TRL 6
PS-Fix	TRL 6
Stuttgarter V.	TRL 7-8

Geltungsbereich Abfallrecht
 (Rückgewinnung von Phosphor nach AbfKlärV)

4

Klärschlamm

EuPhoRe	TRL 7
KSMF-Prozess	TRL 9
R-Rhenania (Na-Direkt- dosierung in die Verbrennung)	TRL 6
Drehrohrkessel (Werkstätten- heataing- systems)	TRL 8-9

Klärschlammverbrennungsasche

Ash2Phos	TRL 6
AshDec	TRL 6-7
Leachphos	TRL 7-8
PARFORCE- Technologie	TRL 6
PHOS4green/ Seraplant	TRL 8-9
Phos4Life	TRL 6-7
pontes pabuli	TRL 6
TetraPhos	TRL 8

*Weitere Verfahren
Klärschlammasche:

- Clean Matter
- SusPhos
- Grenzebach
- P-XTRACT
- Bandaufschluss ICL

*Weitere Verfahren
Klärschlamm:

- FlashPhos

- TRL beziehen sich ausschließlich auf die Technologie
- Nicht eingeschlossen sind z.B. genehmigungsrechtliche Aspekte, Rezyklat-Verwertbarkeit

Produkte

Ca-Phosphate



Bilder aus DPP-Verfahrens-
kennblättern zu verschiedenen
P-Recyclingtechnologien ([Link](#))

Phosphorsäure



Modifizierte Aschen



Konfektionierte Düngemittel



Struvite, Bruskhite



Pyrolysate

Technische Verfahren zur Phosphorrückgewinnung

- Vielfältige Fördermaßnahmen durch Bund und Länder
 - Aktuelle Fördermaßnahme Regionales Phosphor-Recycling ([RePhoR](#)) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)
 - Es stehen viele vielversprechende **Verfahren zur Phosphor-Rückgewinnung** zur Verfügung
 - Informationen zu den Technologien finden sie unter:
 - Verfahrensübersicht Deutschland von der DPP: [Tabelle zu P-Recyclingtechnologien](#) auf der DPP-Homepage!
 - Verfahrensübersicht [Europa: Catalogue of Nutrient Recovery Technologies](#) & [P-Rex Bestandsliste](#) auf der ESPP-Homepage
 - Informationen zum Ausbau der Phosphor-Rückgewinnung auf kommunalen Kläranlagen und aus Klärschlamm sind von der RWTH Aachen zu erhalten. Refoplan-Vorhaben EvKK – „[Evaluierung verfügbarer Kapazitäten thermischer Klärschlammbehandlung sowie zur Phosphorrückgewinnung](#)“
- ➡ Einige wenige Projekte sind nun in der Umsetzung vom Pilotmaßstab zur Großtechnik, weitere folgen bald.

Bewertung von Rezyklaten/Recyclingverfahren

Kriterien

Technologie	Umwelt	Wirtschaftlichkeit
<ul style="list-style-type: none">• Entwicklungsstand der Technologie (technologischer Reifegrad TRL)• P-Rückgewinnungsrate/-quote• Varianz des Materialeinsatzes (Art potenziell verwertbarer Abfälle)• Produktform (fest/flüssig)	<ul style="list-style-type: none">• Wirksamkeit bzw. Pflanzenverfügbarkeit• Schadstoffentfrachtung• Chemikalieneinsatz• Energiebedarf des Verfahrens• Abfallentsorgung von entstehenden Nebenprodukten (Gefahrstoff)	<ul style="list-style-type: none">• Verfahrenskosten (P-Rückgewinnung & KS-Entsorgung)• Investitionskosten• Erlös Verfahrensoutput• Marktpotenzial• Erwartbare Mengen• Transportwürdigkeit

Fazit

- Phosphorrückgewinnung ist zentral für Ressourcenschutz und die Umsetzung der AbfKlärV bis 2029
- Verschiedene technisch gereifte Verfahren bieten Kommunen realistische Umsetzungsoptionen
- Für Ausschreibungen wichtig: Verfahren unterscheiden sich -> je nach Standort sind andere Verfahren geeignet
- Ausschreibungen bestimmen maßgeblich, welche Rückgewinnungspfade realisiert werden – klare Leistungsbeschreibungen sind entscheidend

→ Jetzt gilt es, Chancen zu nutzen: Erfahrungen aus Pilot- und Großprojekten, technische Kennwerte und Erkenntnisse gezielt in Ausschreibungen einzubinden bzw. in Vergabeprozesse zu integrieren

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



Deutsche Phosphor-Plattform DPP e.V.
Bornheimer Landwehr 46HH
60385 Frankfurt am Main

Tabea Knickel



+49 (0) 171 2269 953



info@deutsche-phosphor-plattform.de



<http://www.deutsche-phosphor-plattform.de>

