



# **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

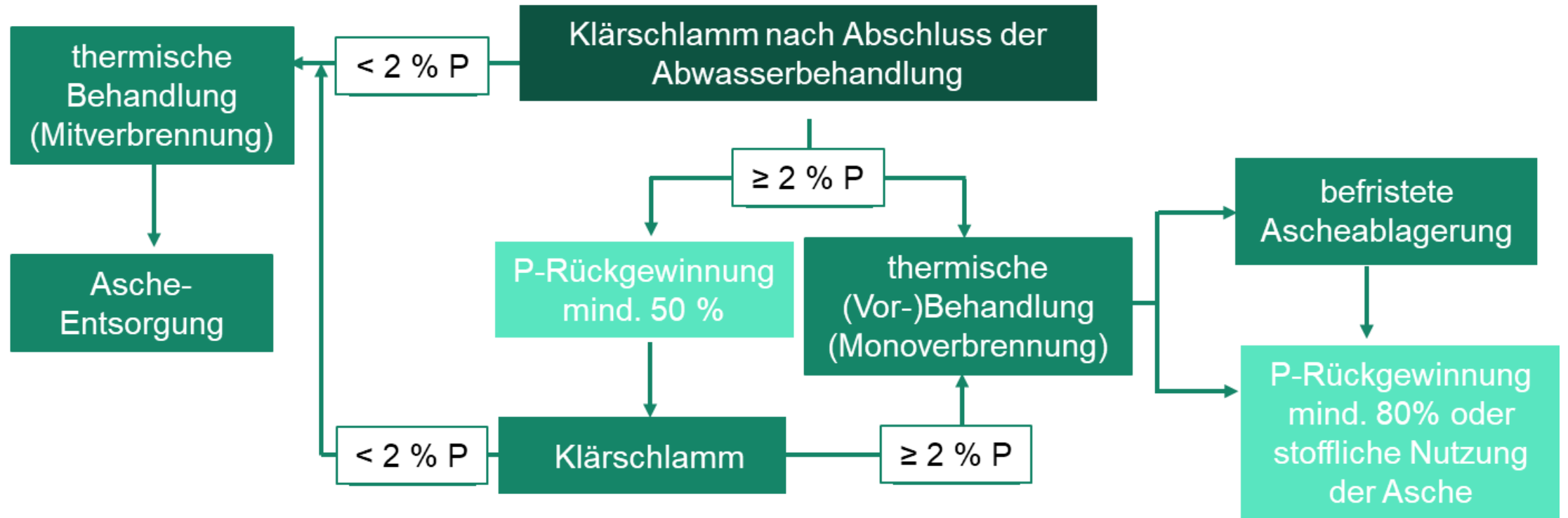
- Phosphorrückgewinnungspflicht für kommunale Klärschlämme
- gesetzliche zeitliche Vorgabe zur Umsetzung
- Verbot der bodenbezogenen Verwertung von Klärschlamm
- Grenzwertvorgaben



# Klärschlammverordnung (AbfKlärV 2017)

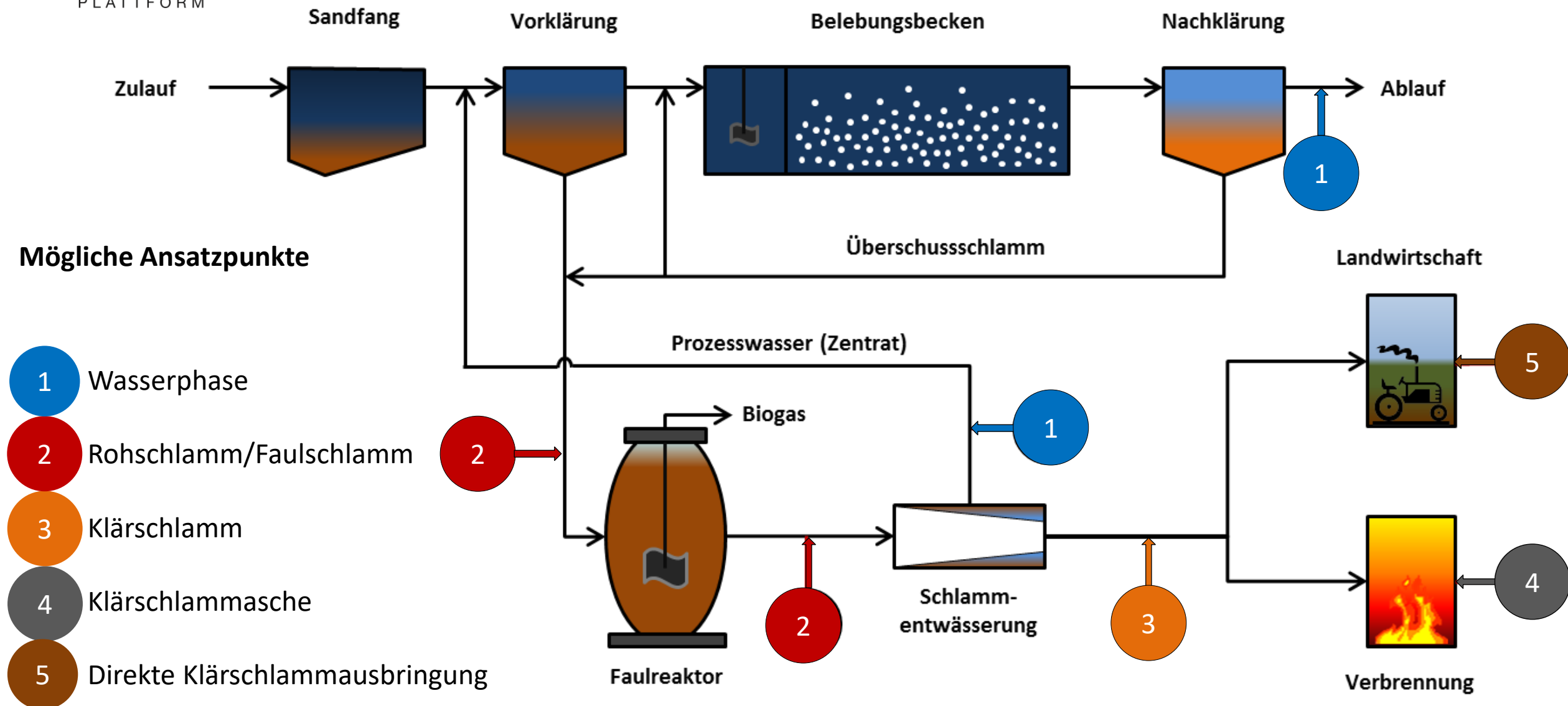
## Regelungen zu Entsorgungs-/ Verwertungswegen bei nicht bodenbezogener Verwertung

Grenzwertüberschreitungen oder gemäß Größenklasse





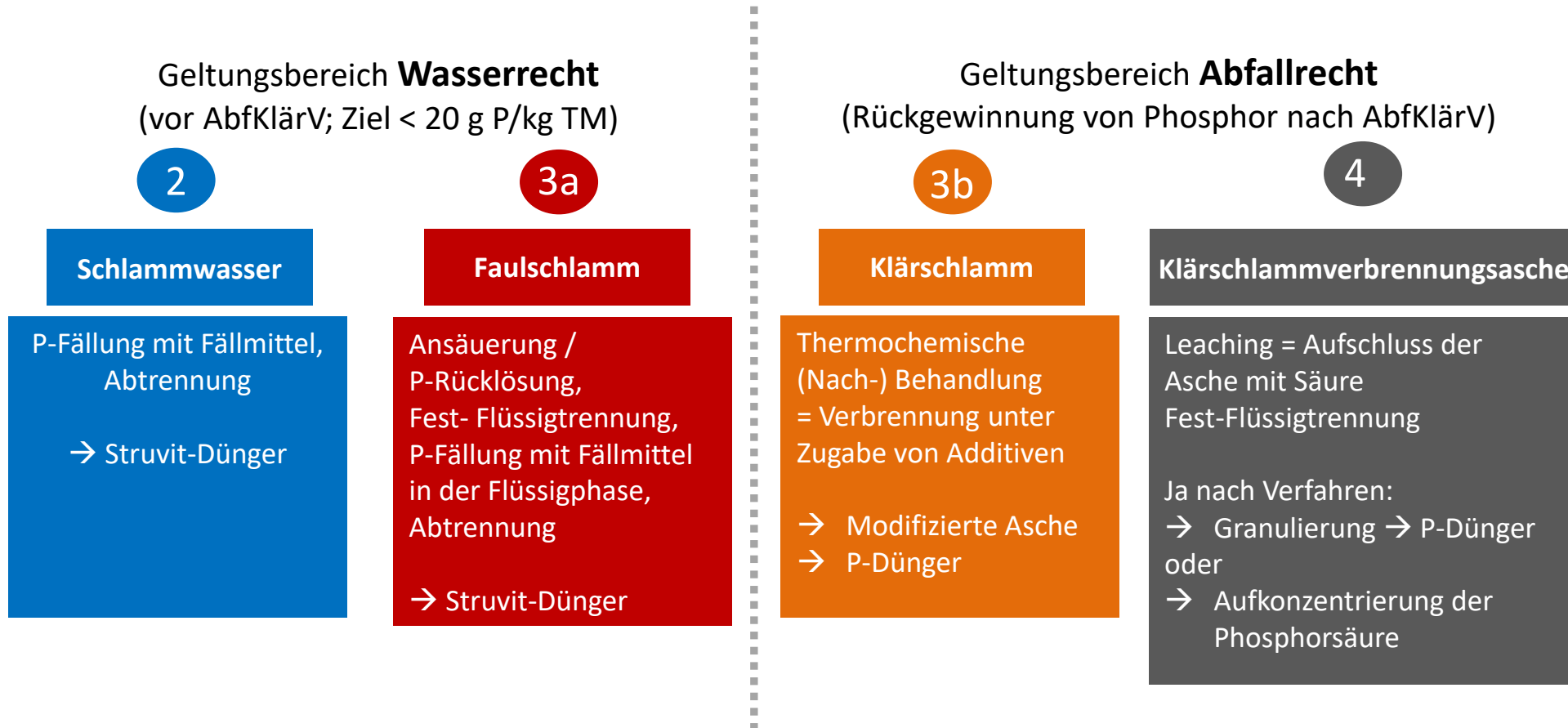
# Technische Verfahren zur Phosphorrückgewinnung





# Technische Verfahren zur Phosphorrückgewinnung

## Verfahrenstypen im Überblick





# 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)

3b

### Klärschlamm

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

4

### 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 Klärschlamm-asche:

- 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

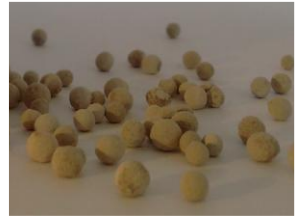


Bilder aus DPP-Verfahrens-  
kennblättern zu verschiedenen  
P-Recyclingtechnologien ([Link](#))

Phosphorsäure



Modifizierte Aschen



Konfektionierte Düngemittel



Struvite, Brushite



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

- Entwicklungsstand der Technologie (technologischer Reifegrad TRL)
- P-Rückgewinnungsrate/-quote
- Varianz des Materialeinsatzes (Art potenziell verwertbarer Abfälle)
- Produktform (fest/flüssig)

### Umwelt

- Wirksamkeit bzw. Pflanzenverfügbarkeit
- Schadstoffentfrachtung
- Chemikalieneinsatz
- Energiebedarf des Verfahrens
- Abfallentsorgung von entstehenden Nebenprodukten (Gefahrstoff)

### Wirtschaftlichkeit

- 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](mailto:info@deutsche-phosphor-plattform.de)



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