

Klimaneutrale und reststofffreie Klärschlammverwertung mit Phosphorsäureproduktion in Südost-Niedersachsen

01.10.2020 – 30.09.2023 (Phase 1)

01.10.2023 – 30.09.2025 (Phase 2)

Statuskonferenz RePhoR
Frankfurt – 03./04. Mai 2023

FONA

Forschung für Nachhaltigkeit

RePhoR
REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

Gefördert vom



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Überblick

Projektansatz

Entwicklungsschwerpunkte

Zwischenstand

Zusammenfassung / Ausblick

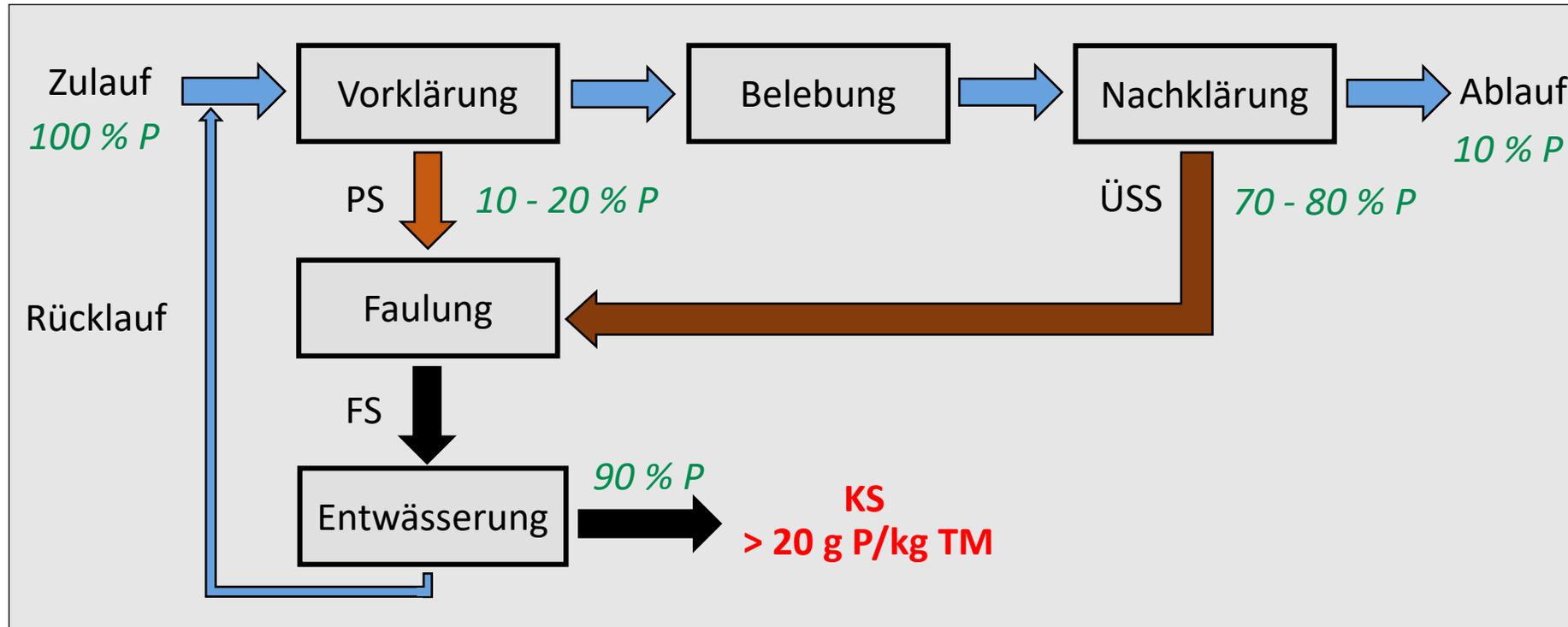
FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

 **RePhoR**
REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

Gefördert vom

 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Ausgangssituation



PS Primärschlamm
 ÜSS Überschussschlamm
 FS Faulschlamm
 KS Klärschlamm
 TM Trockenmasse

FONA
 Forschung für Nachhaltigkeit

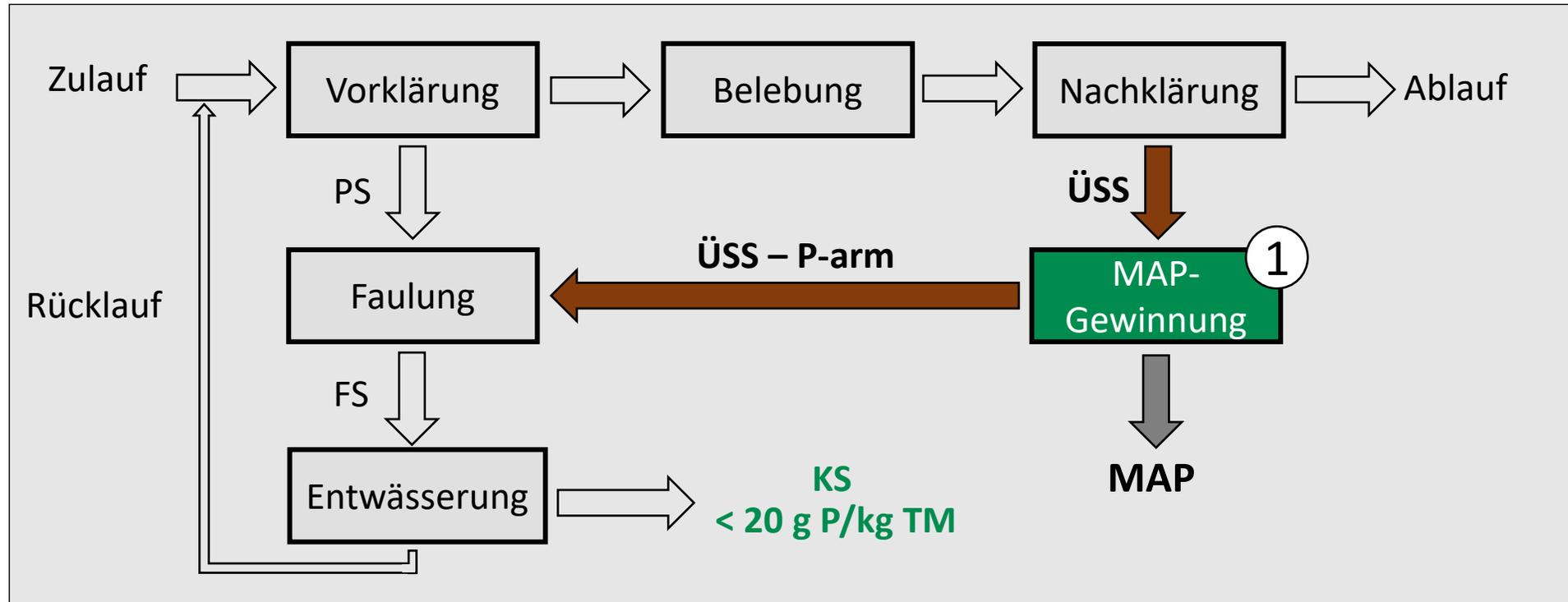
RePhoR
 REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

Gefördert vom

Bundesministerium
 für Bildung
 und Forschung

Projektansatz (1)

MAP-Gewinnung im volltechnischen Maßstab (TRL 9)



➔ MAP-Gewinnung **nur** aus Überschussschlamm

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

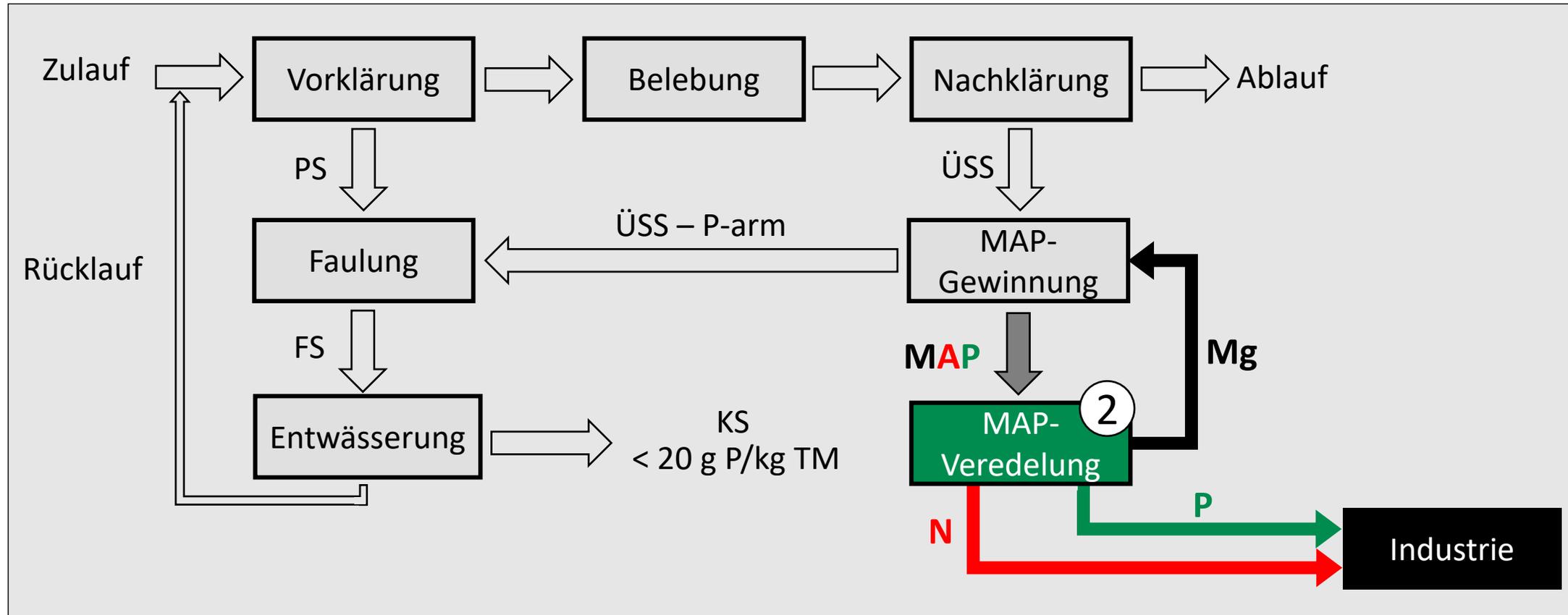
RePhoR
REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

Gefördert vom

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Projektansatz (2)

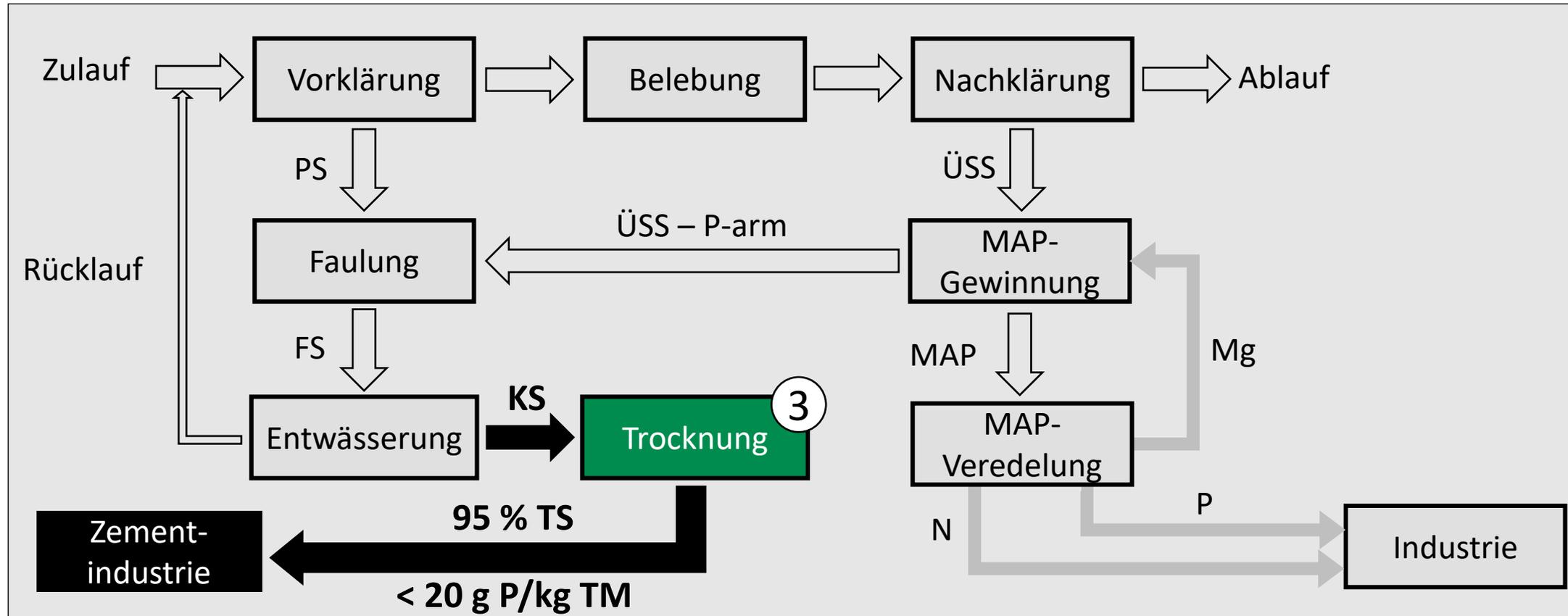
MAP-Veredelung im Pilotmaßstab (TRL 6)



➔ Phosphorsäure, Ammoniumwasser und Magnesiumchlorid als Wertstoffe

Projektansatz (3)

„Wärmeneutrale“ Trocknung technisch teilintegriert (TRL 6...7)



➡ Die gesamte Wärme für die Trocknung wird an die KA zurückgegeben

Entwicklungsschwerpunkte /-ziele

- Phosphorrückgewinnung
 - Maximierung Phosphatrüklösung
 - Maximierung MAP-Abtrennung aus Überschuss-Schlammwasser
 - P-Abreicherung KS < 20 g P/kg TM
- Schlamm-trocknung
 - Entwicklung wärmeneutrale Verdampfungstrocknertechnik
 - Flexibilisierung Wärmenutzung
 - Verwertung Klärschlamm als Ressource (Energie, Mineralstoffe ...)
- MAP-Veredelung
 - Optimierung Kalzinierungsprozess und PARFORCE MP Prozess
 - Verbesserung der Qualität der Wertstoffe Phosphorsäure, Ammoniakwasser, und $MgCl_2$ (Fällmittel) und des Ausgangsstoffes MAP

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

RePhoR
REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

Gefördert vom
 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Fragestellungen

- Großtechnische Demonstration Grenzwertunterschreitung $< 20 \text{ g P/kg TM}$
- Nachweis energieeffiziente Trocknung
- Nachweis Klärschlammverwertung
- Bewertung Qualität der Wertstoffe MAP und P, N, Mg
- Bewertung Wirtschaftlichkeit
- Bewertung Klimateffizienz

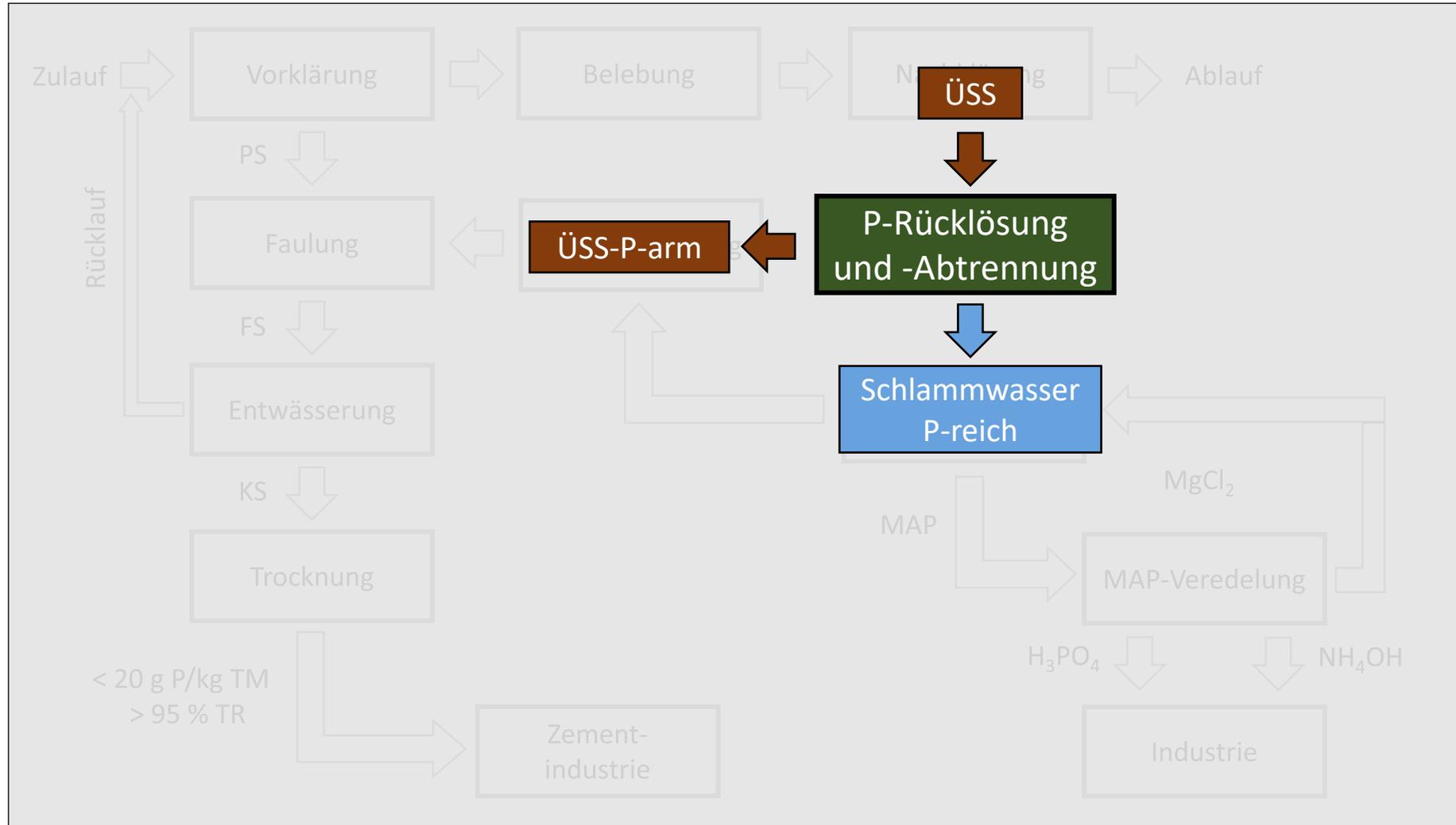
FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

RePhoR
REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

Gefördert vom

 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Zwischenstand P-Rücklösung und -Abtrennung



FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

RePhoR
REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

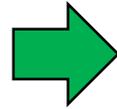
Gefördert vom

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

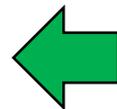
Anforderungen zur P-Rücklösung

Bilanzrechnungen mit Einflussgrößen, u.a.

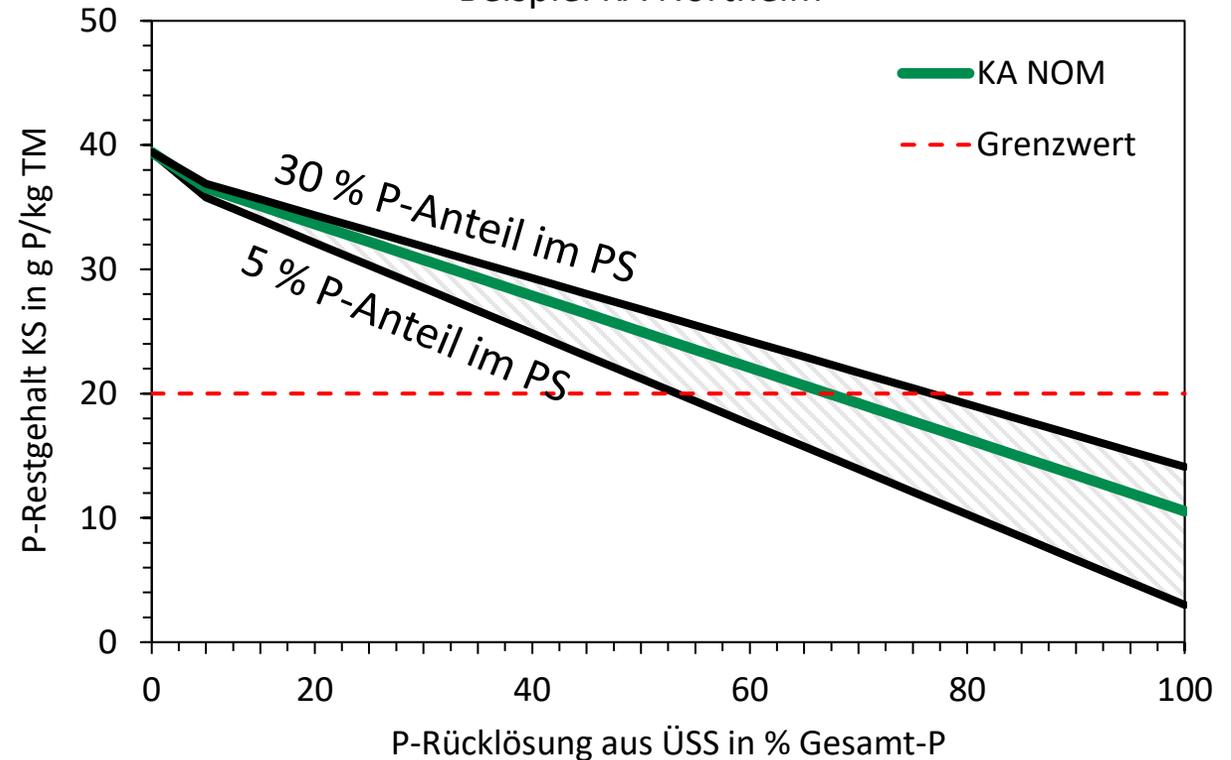
- **P-Verhältnis PS/ÜSS**
- *TM-Frachten PS/ÜSS*
- *oTM/TM-Abbau Faulung*
-



Es sind i.d.R. Rücklösungsraten von mindestens **50 – 75 %** erforderlich, wenn P nur aus Überschussschlamm zurückgewonnen werden soll.



Einfluss P-Anteil im Primärschlamm
Beispiel KA Northeim

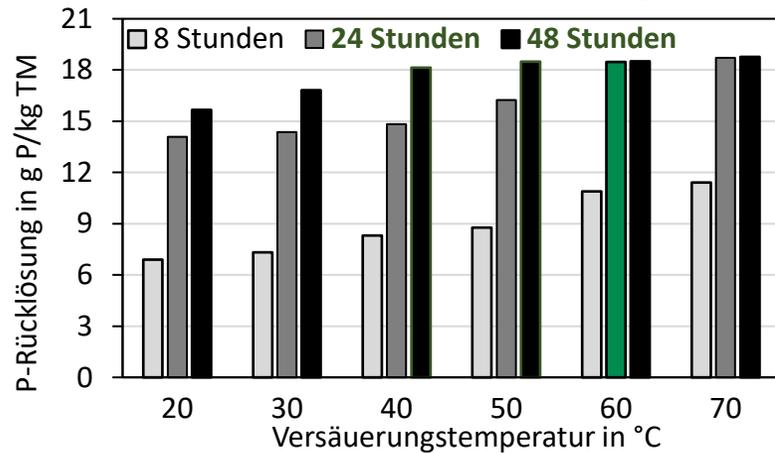


=> KA Northeim eher ein Beispiel für hohe Anforderungen

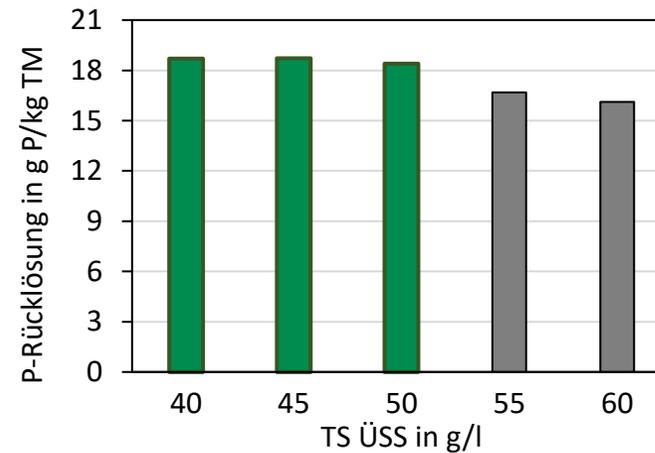
Optimierung P-Rücklösung

Versuchsumfang: 1,5 Jahre – wöchentlich 100 kg Schlamm

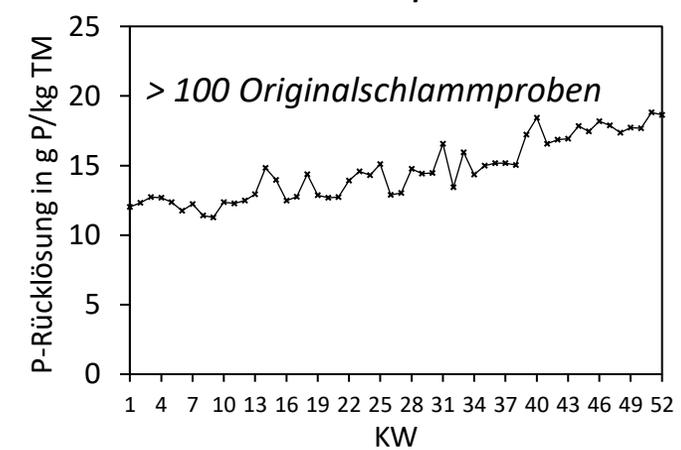
Temperatur und Behandlungsdauer



Schlamm-TS



Bio-P-Kapazität



Optimale Bedingungen

Temperatur 40 – 70 °C
 Behandlungsdauer 24 – 48 h
 TS 40 – 50 g/l



„Thermisch intensivierte Versäuerung“

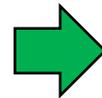
Sicherstellung ausreichender P-Rücklösung

Bio-P kann Schwankungen unterliegen

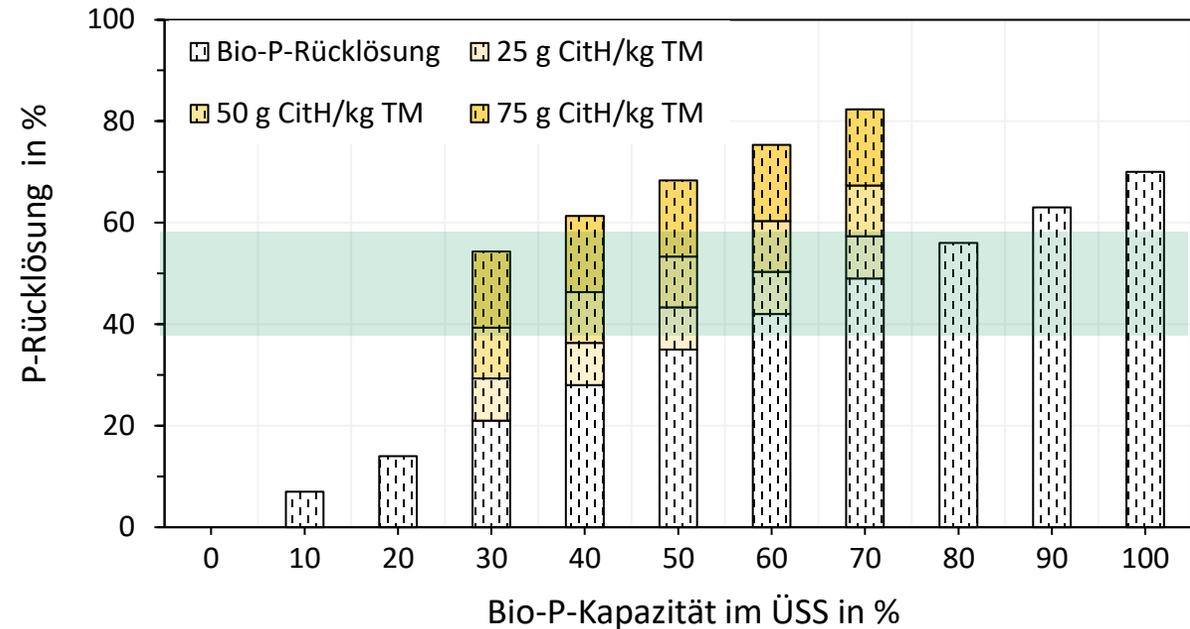
➤ Unzureichende P-Rücklösung möglich

Lösungsansatz:

**Ausgleich der Schwankungen
mittels Zitronensäure**



P-Rücklösung mittels Zitronensäure



- ➔ Erforderliche Zielmenge an rückzulösendem P kann mittels Zitronensäurezugabe eingestellt werden
- ➔ Lösungsansatz auch auf Teil-Bio-P-Anlagen übertragbar
- ➔ Zu beachten: Kosten steigen mit Bedarf an Zitronensäure deutlich an

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

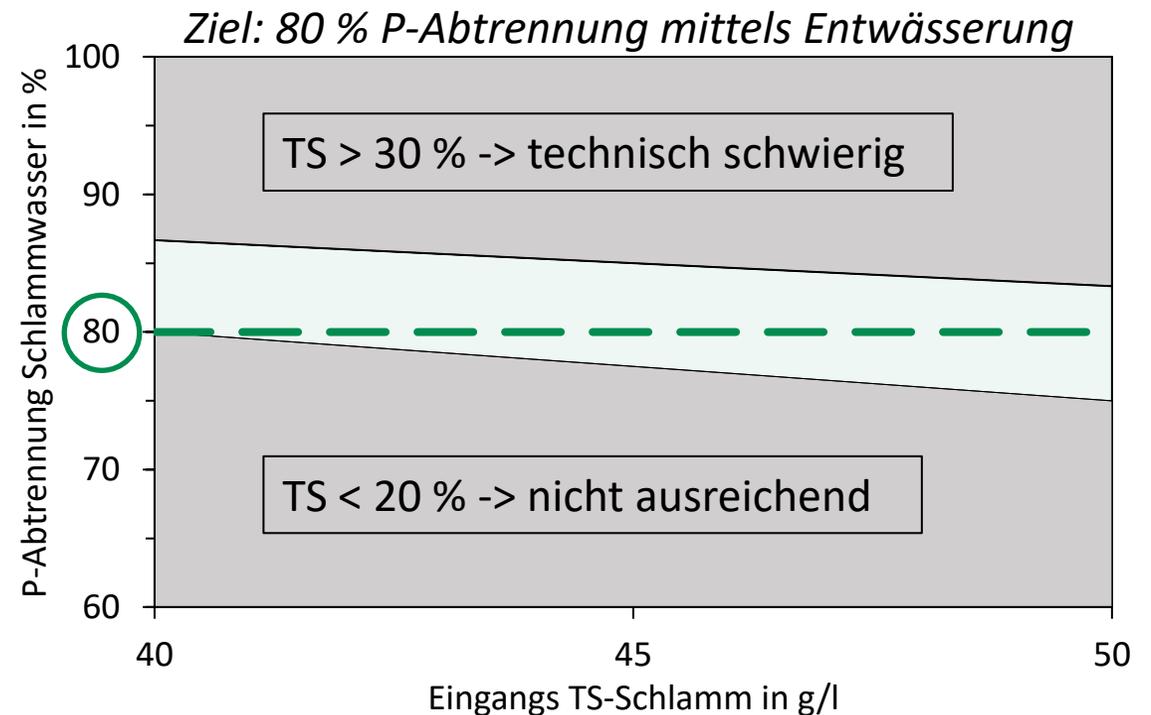
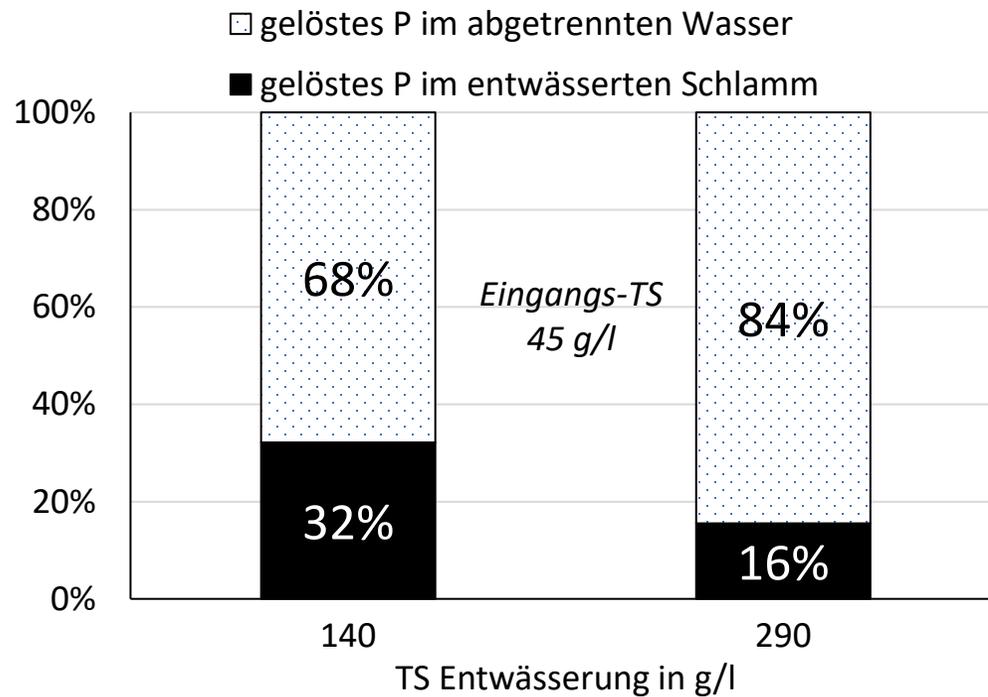
RePhoR
REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

Gefördert vom

 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

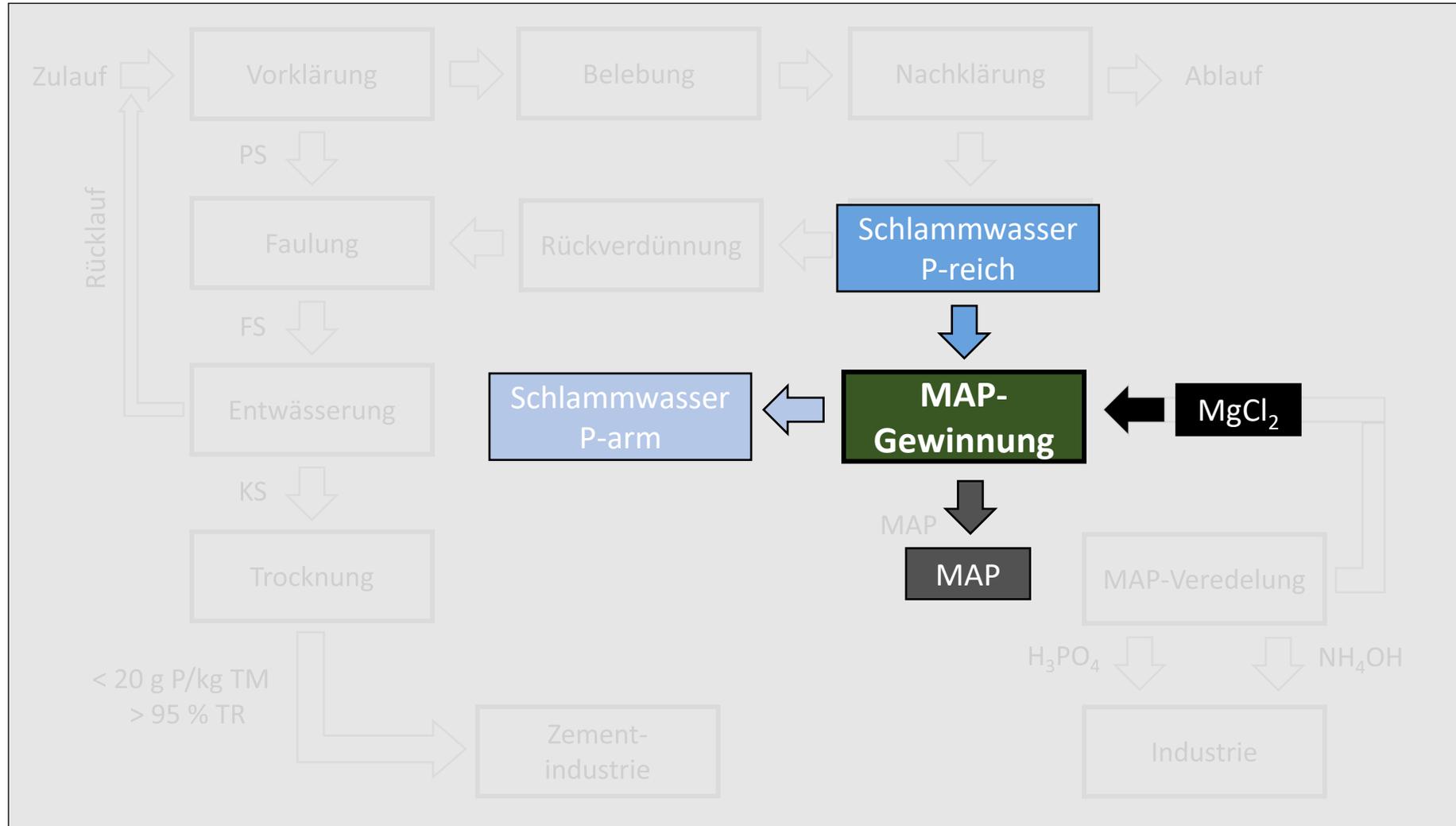
Optimierung P-Abtrennung als MAP

Qualitativ hochwertiges MAP nur mit Fällung aus Flüssigphase statt aus Schlamm



Mindestfeststoffgehalt für ausreichende Flüssigphasenabtrennung beträgt ca. 20 bis 24 % TR

Zwischenstand MAP-Fällung



FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

RePhoR
REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

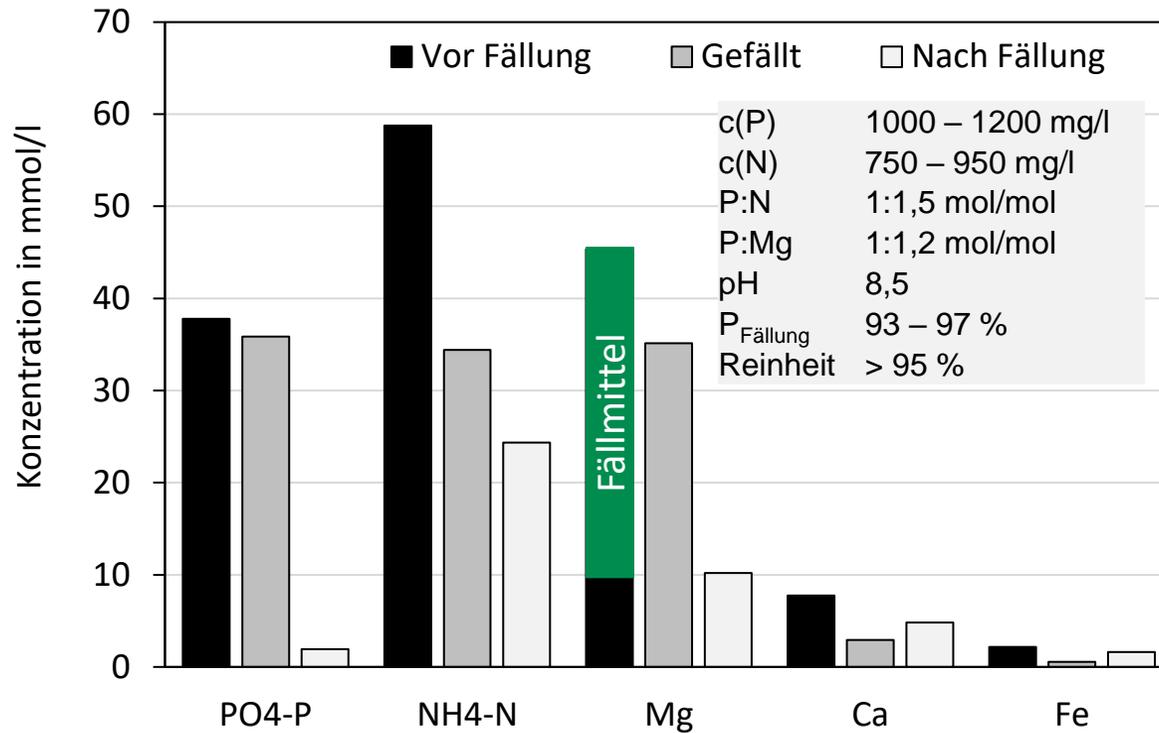
Gefördert vom
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Optimierung MAP-Fällung



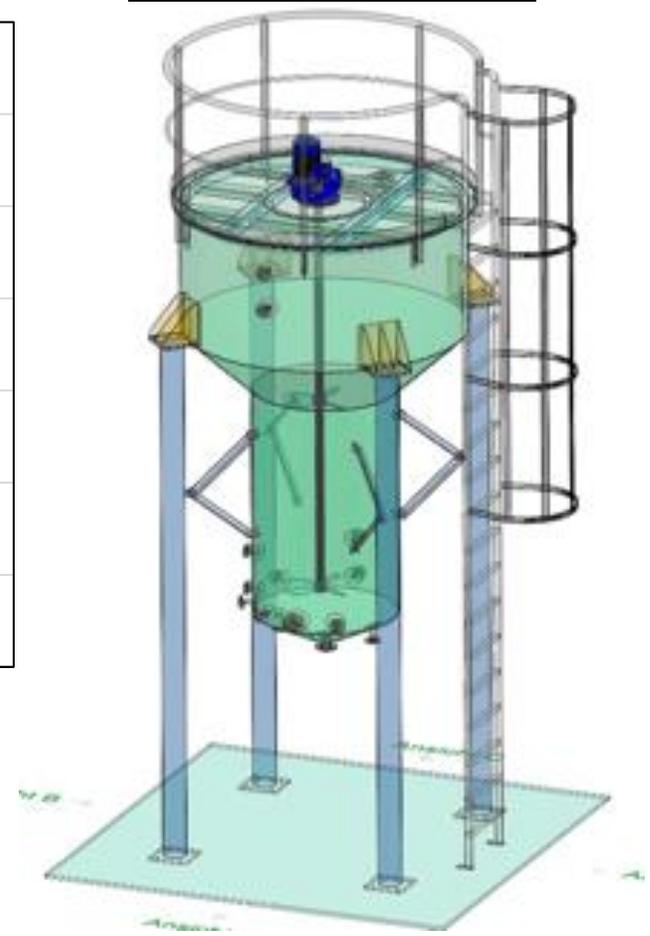
MAP

Versuchsumfang: ca. 1 Jahr – 100 kg Schlamm/Woche

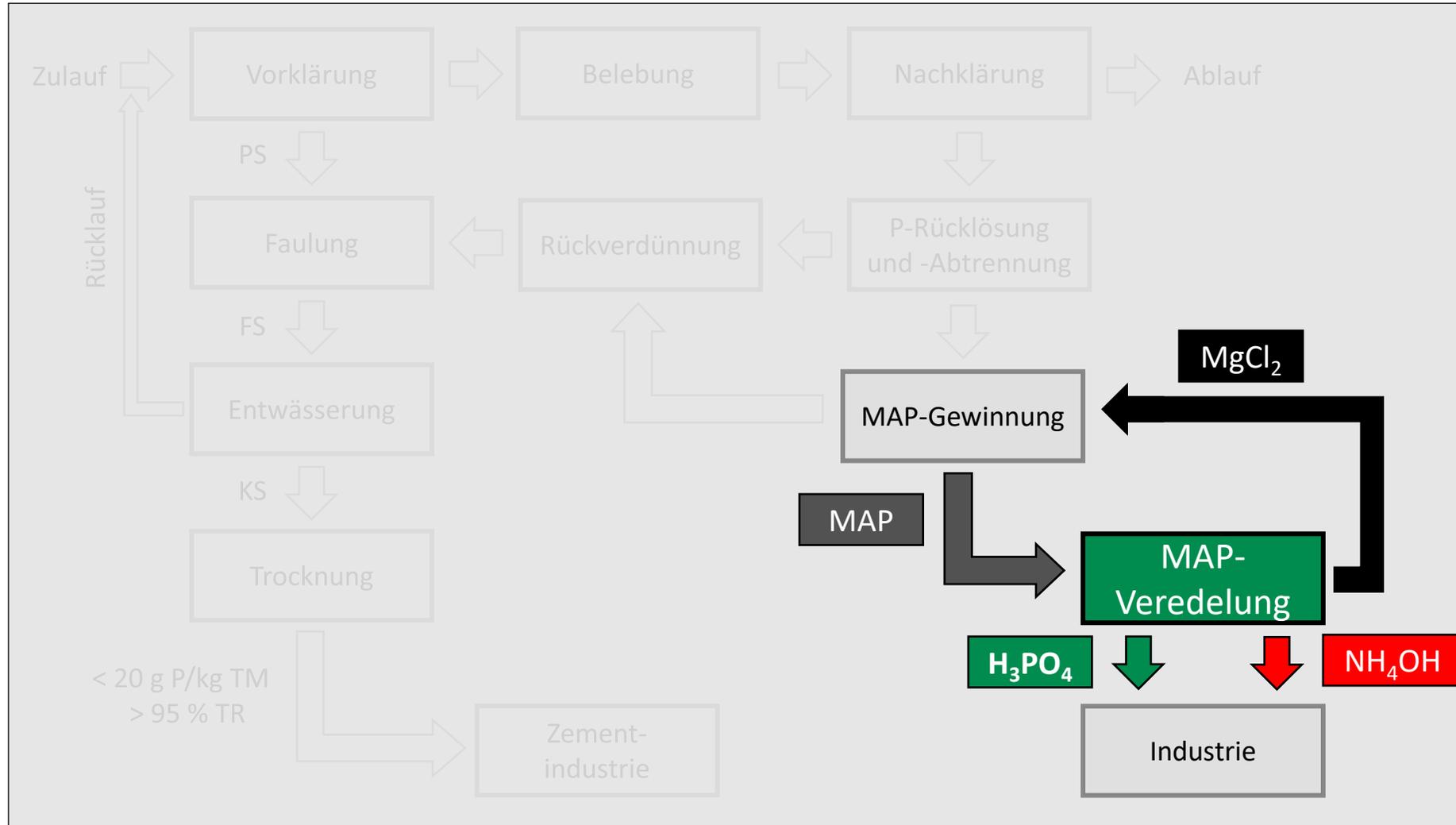


➔ Rückgewinnungsquote von 95 – 97 % bei 1.200 mg PO₄-P/L

Technische Anlage (im Bau)



Zwischenstand MAP-Veredelung



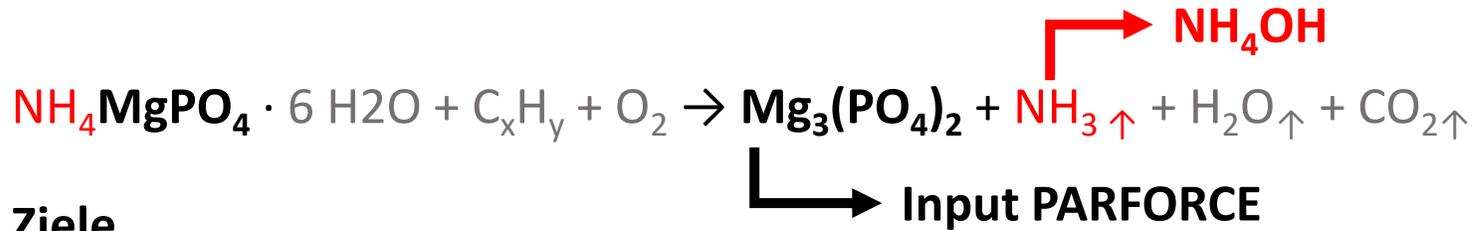
FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

RePhoR
REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

Gefördert vom

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Kalzinierung von MAP (Umwandlung in Magnesiumphosphat MP)



Ziele

- Entfernung von Kristallwasser und Ammonium
- Gewinnung von Ammoniak(stark)wasser
- Entfernung von Organik

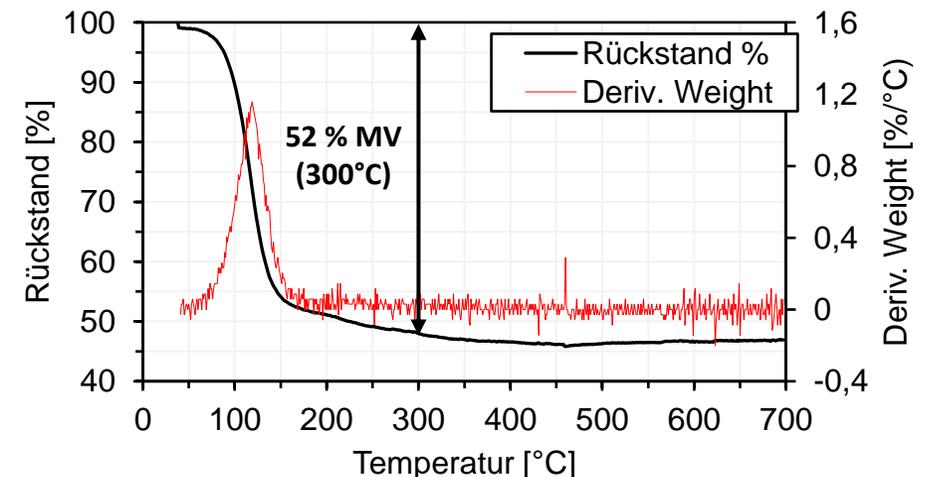
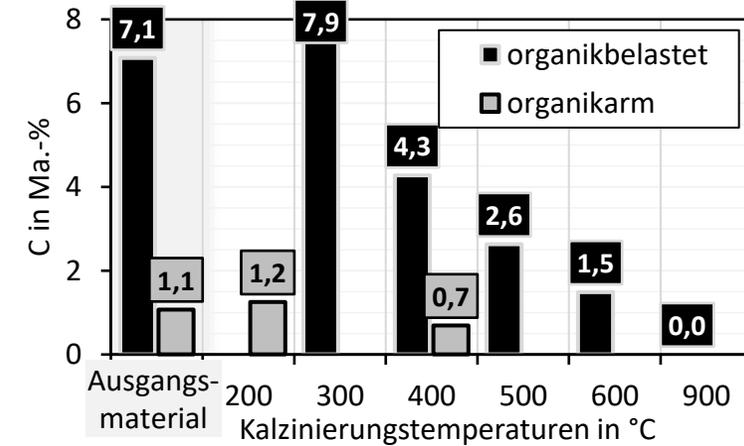
Herangehensweise

- Versuche in Drehrohröfen (Labor und Technikum)
- Thermogravimetrische Analysen

Ergebnisse

- MAP-Qualität bestimmt erforderliche Kalzinierungstemperatur
 - Organikarmes Ausgangsmaterial: 200 – 300°C ausreichend
 - Organikbelastetes MAP: T < 600°C, sonst schwer lösliche Pyrophosphate

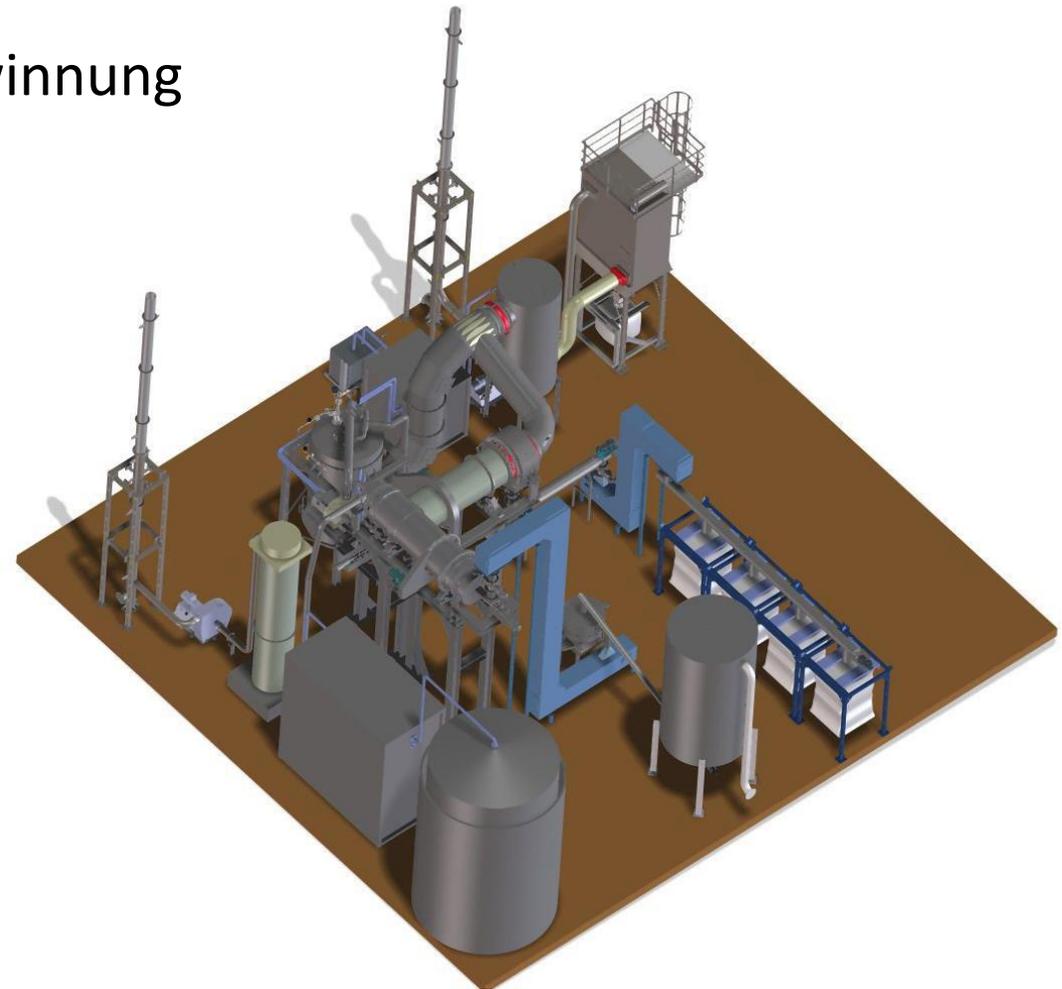
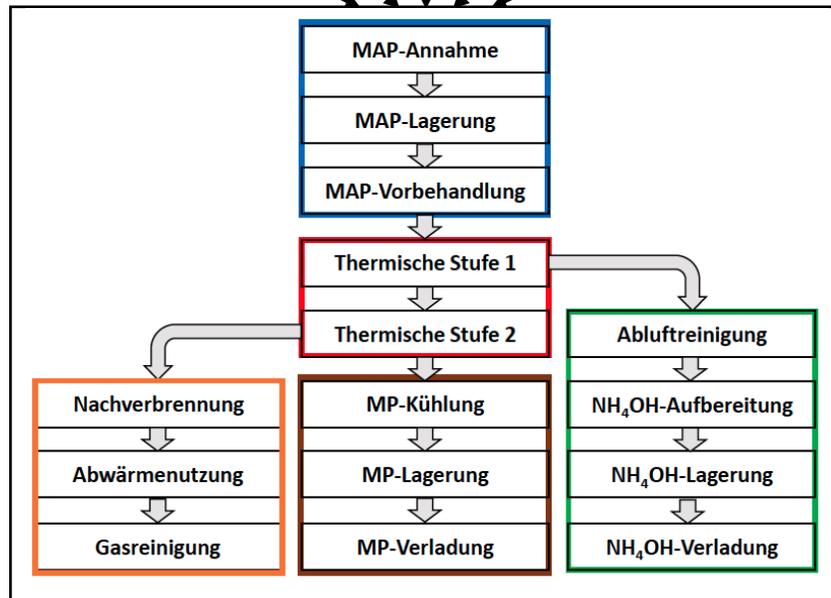
➔ MAP sollte von vornherein möglichst organikarm sein



Konzeptionierung Kalzinierungsanlage

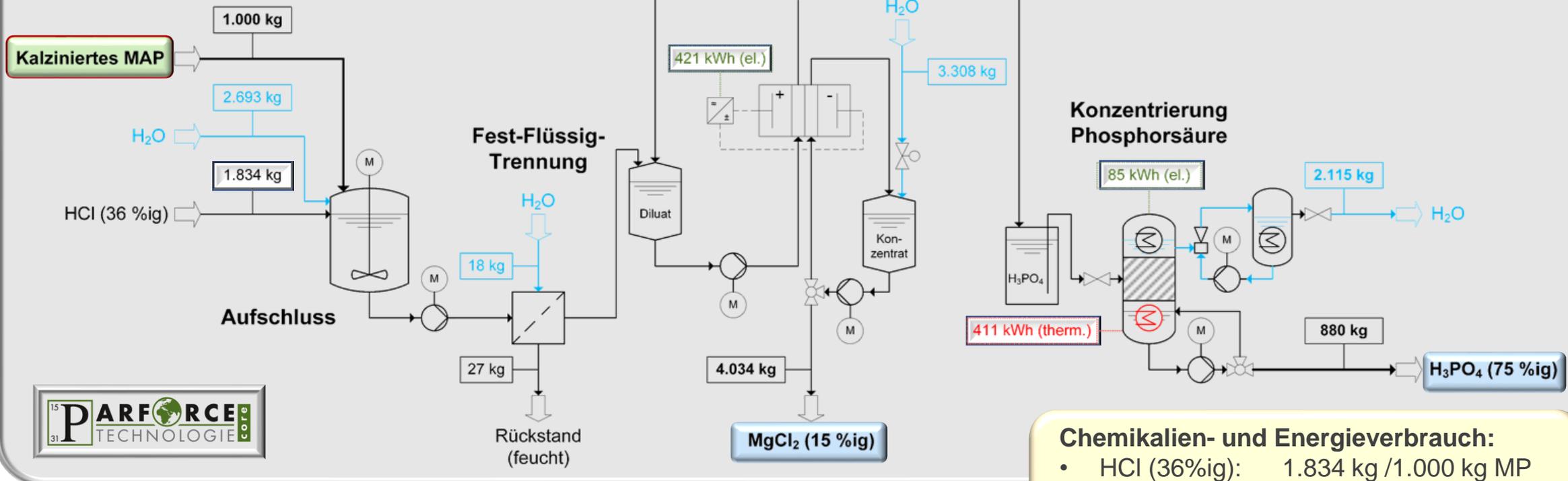
Zentrale Kalzinierung bei dezentraler MAP-Gewinnung

Dezentrale MAP-Gewinnung (Kläranlagen)



PARFORCE-Technologie - Phosphorsäure aus MP

Stoffstrom 1.000 kg MP
(Fe: < 0,1 Gew.-%; C: < 1 Gew.-%)



Ertrag:

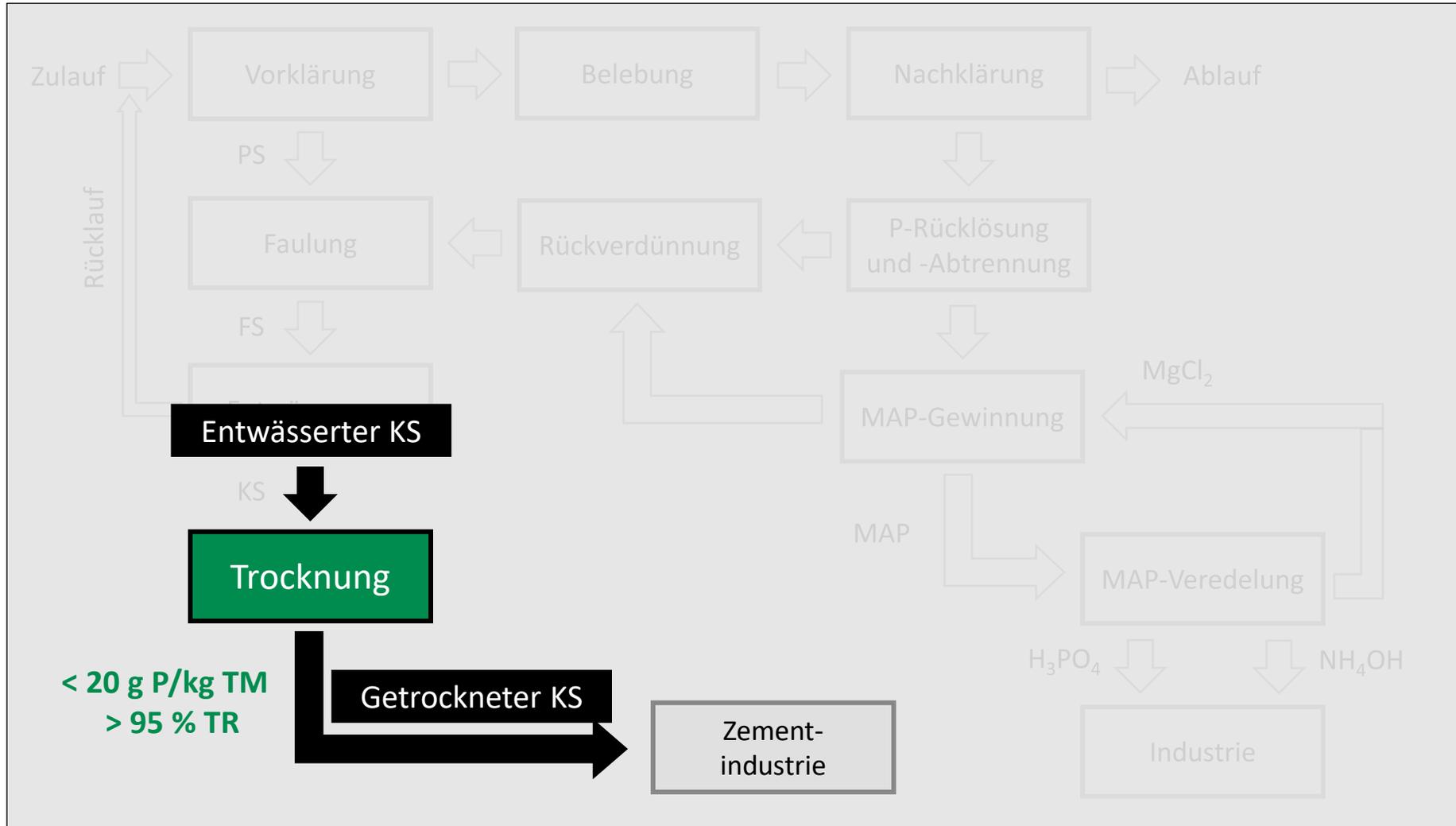
- $H_3PO_4(75\%ig)$: 880 kg/1.000 kg MP
- $MgCl_2(15\%ig)$: 4.034 kg/1.000 kg MP

Chemikalien- und Energieverbrauch:

- HCl (36%ig): 1.834 kg / 1.000 kg MP
- Energie_{elekt.}: 506 kWh / 1.000 kg MP
- Energie_{therm.}: 411 kWh / 1.000 kg MP

➔ **Maßgeblich für Bilanzdaten: Chemische Zusammensetzung MAP (ab Kläranlage) und Kalzinierungsparameter**

Zwischenstand Klärschlamm-trocknung



FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

RePhoR
REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

Gefördert vom

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Trocknungskonzept

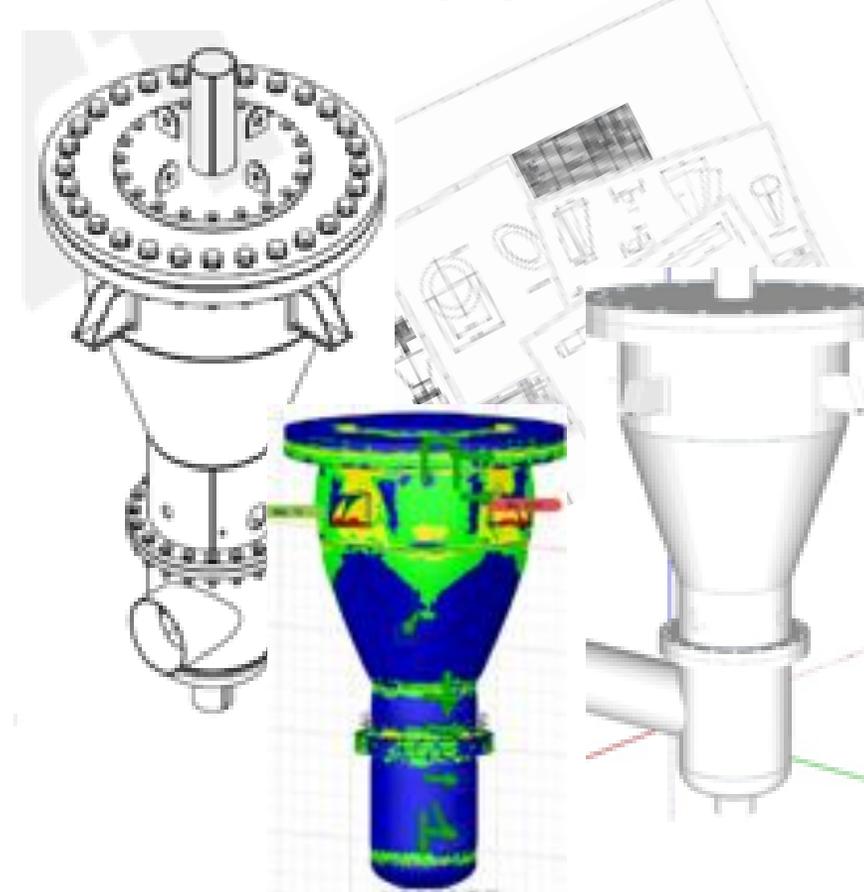
Verdampfungstrocknung Merkmale

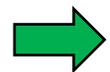
- Wirbelschicht
- Überhitzter Wasserdampf
- 2-4 bar, 165-230°C
- Erstmalig für Trocknung von Klärschlamm (keine Abluftbehandlung erforderlich)
- Wärmerrückgewinnung 94 % durch Brüdenkondensation

Daten Pilotanlage

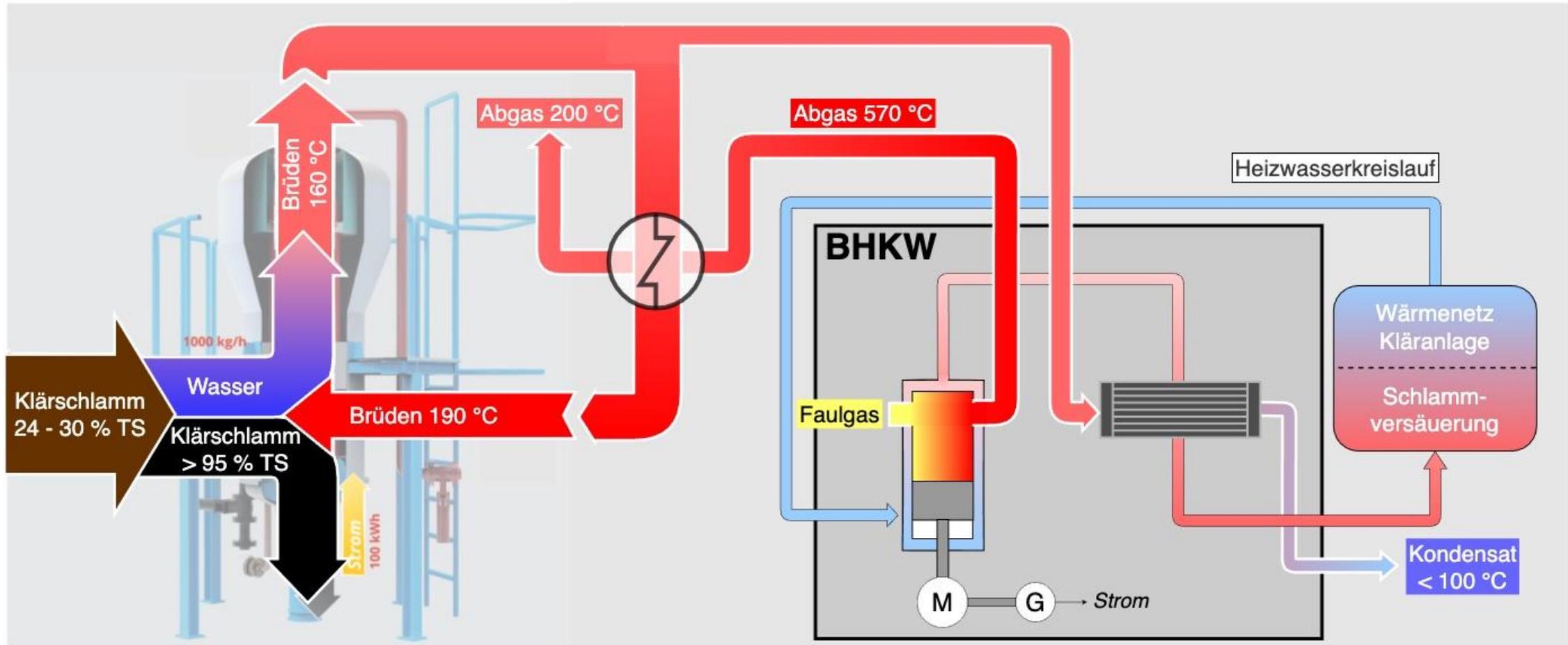
- Durchsatz = 60 – 120 kg OS/h
- Wärmebedarf = ca. 80 kW_{th}
- D = 1,0 m
- H = 2,0 m
- Betrieb mit Thermalölkreislauf
- Nutzung von Hochtemperaturwärme des BHKW

Konstruktion / Fertigung Pilotrockner



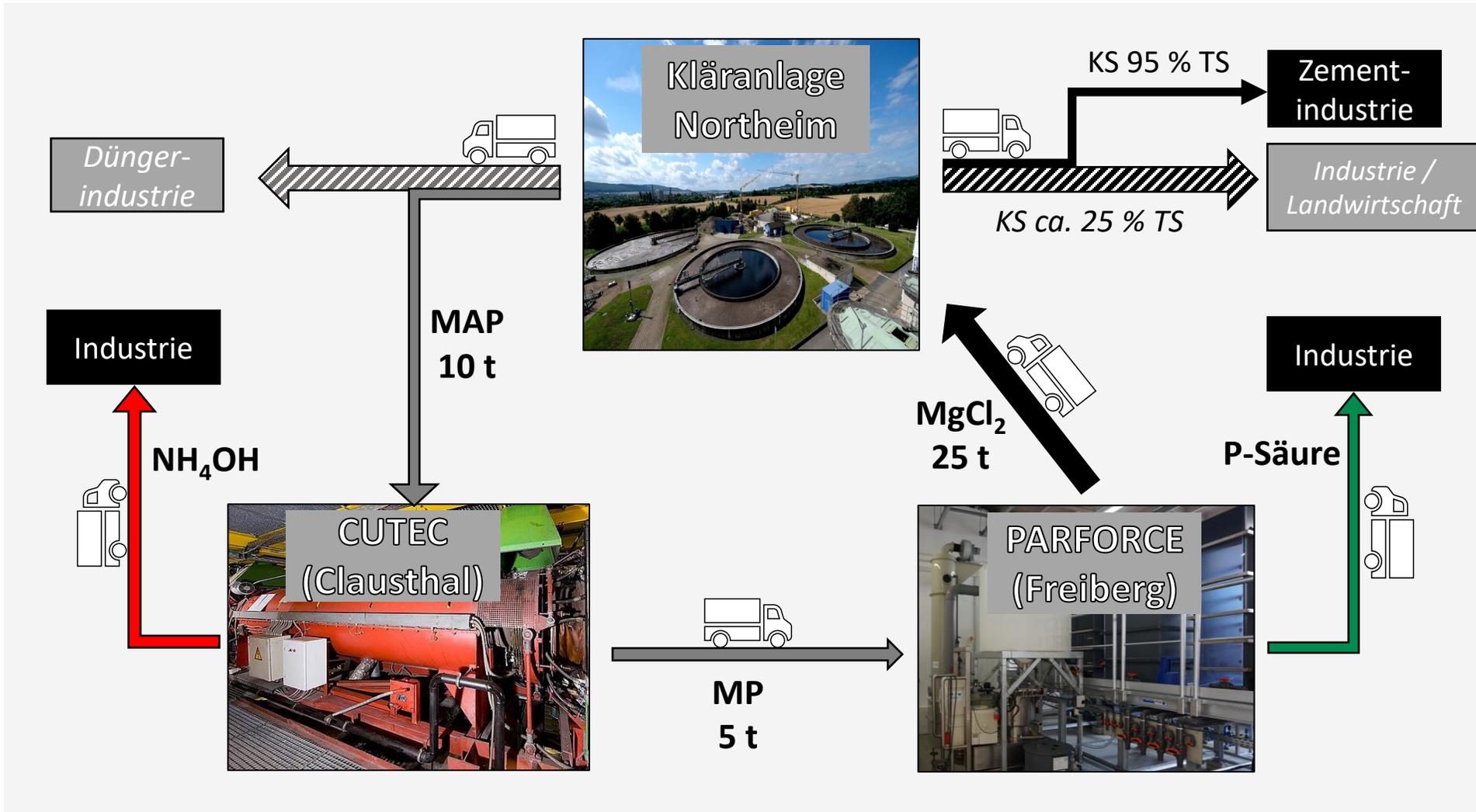
 **Annähernd wärmeneutrale Klärschlamm-trocknung**

Wärmekonzept Kläranlage Northeim



➔ **Trocknung von bis zu 60 % des Klärschlammes mittels Abwärme BHKW**

Konzept für Nachweis MAP-Veredelung



Standortplanung KA Northheim



P-Rücklösung

- Schlammversäuerung
- Dosierstation Zitronensäure



P-Abtrennung

- Schlammmentwässerung
- Schlammrückverdünnung

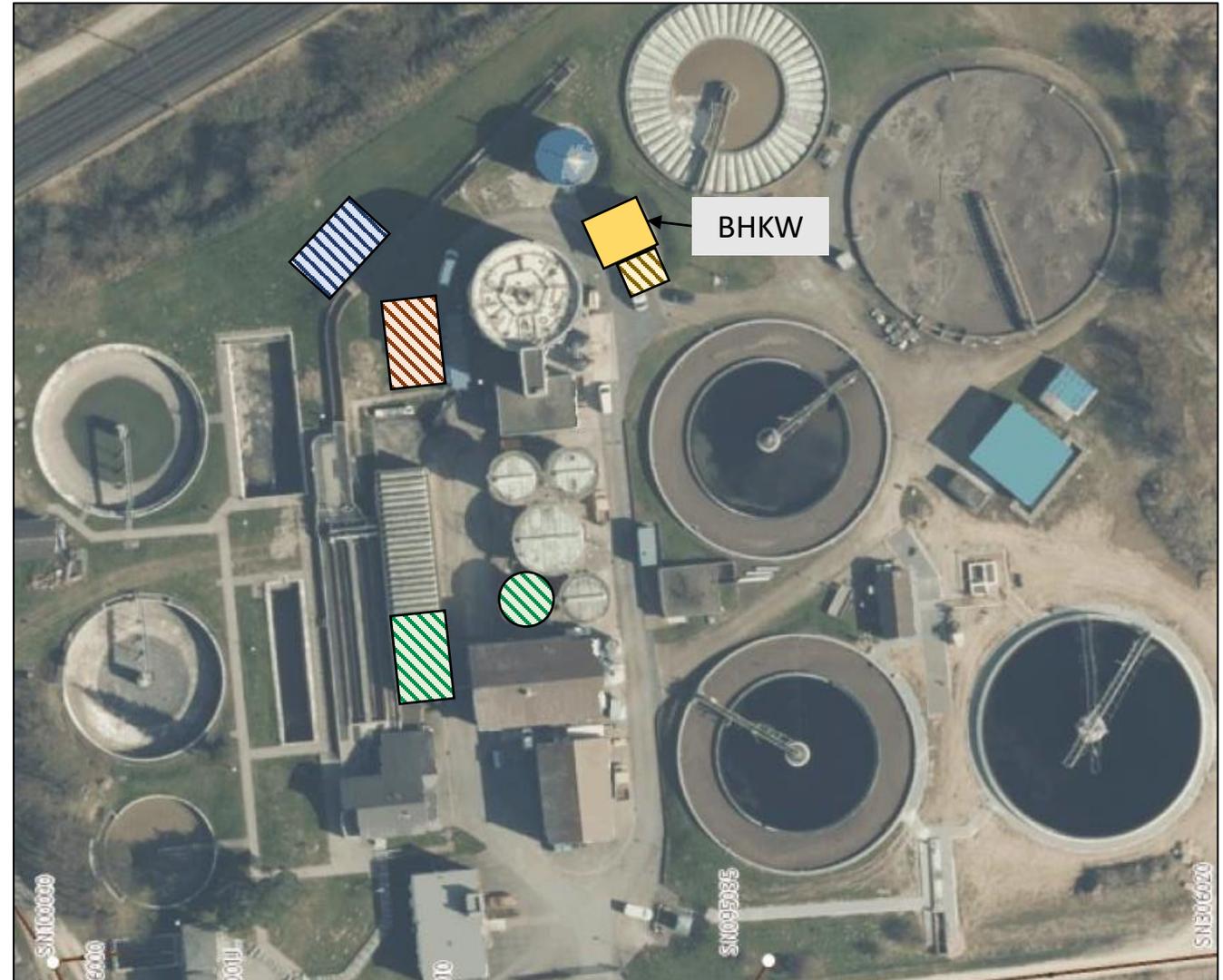


MAP-Fällung

- Fällungsreaktor
- Dosierstationen $MgCl_2$ / NaOH
- MAP-Abtrennung



Schlamm-trocknung



Projektstand und Ausblick

Projektstand



Ausblick

- Ende der ca. einjährigen Bauarbeiten in Q3-2024
- Einjährige Betriebsphase nach Abschluss der Bauarbeiten/Inbetriebnahme

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

RePhoR
REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

Gefördert vom

 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Weitere Informationen
und Diskussionen gerne
an den Postern

- Phosphatrücklösung
und -fällung
- Trocknung
- Kalzinierung
- Parforce-Verfahren



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

CUTEC Forschungszentrum der TU Clausthal
Leibnizstraße 23, 38678 Clausthal-Zellerfeld
michael.sievers@cutec.de