

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



SATELLITE

Verfahrenstechniken im Haupt- und Satellitenbetrieb
eines interkommunalen Recyclingzentrums
für ein optimiertes regionales Nährstoffrecycling

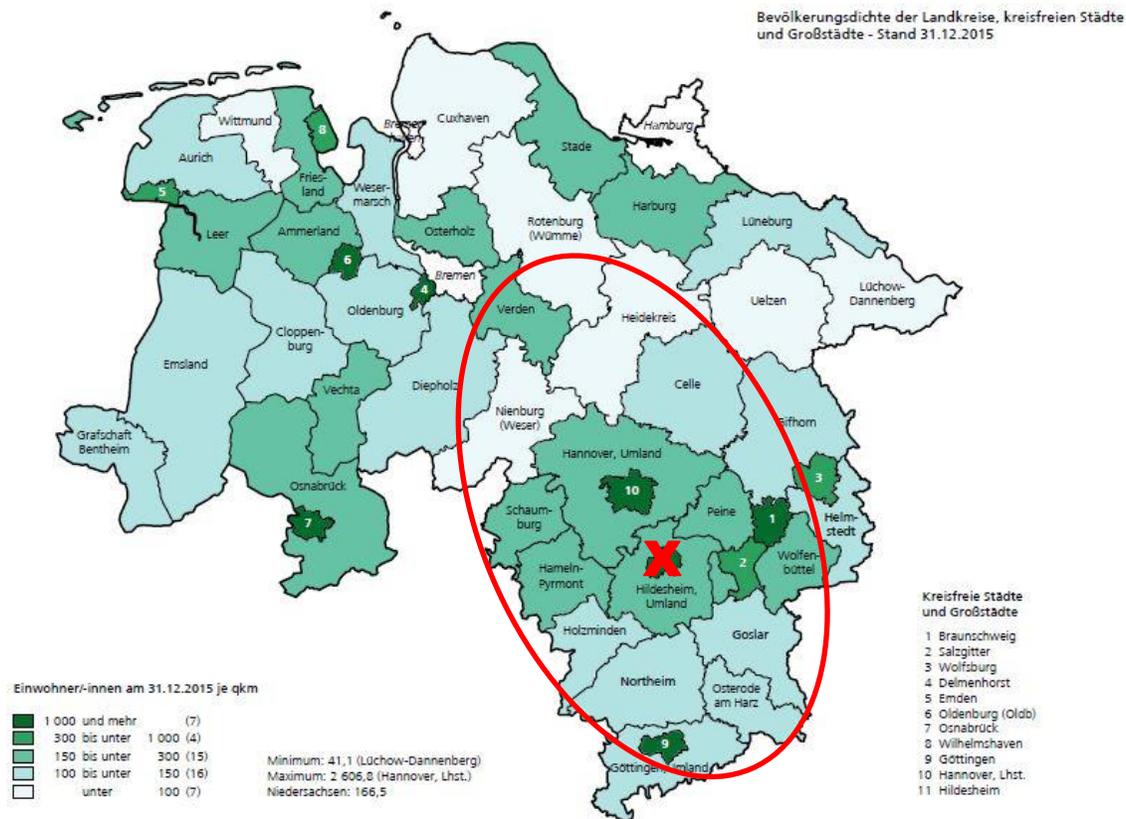
Dr.-Ing. Maike Beier



6. P-RÜCK-KONGRESS
PHOSPHOR – EIN KRITISCHER
ROHSTOFF MIT ZUKUNFT

25. – 26.11.2020 | Online

Regionale Rahmenbedingungen SATELLITE



(Bildquelle: www.ml.niedersachsen.de)

- stark landwirtschaftlich geprägte Regionen
- Vielzahl selbstverwalteter, kommunal betriebener kleiner Kläranlagen, wenige regionale Zentren mit Faulung
- vorwiegend qualitätsgesicherte landwirtschaftliche Verwertung der Klärschlämme
- Agrarregion mit Nährstoffbedarf und zusätzlichem -potential

Grundlegende Umgestaltung der bisherigen Klärschlammverwertungsstrategien mit Verabschiedung der Klärschlamm- und Düngeverordnung in 2017

Planung, Finanzierung, Bau, Logistik und Betrieb einer Mono-Klärschlamm-Verbrennungsanlage als kommunale Gesellschaft

1. Kommunale Zusammenarbeit

- Solidarprinzip
- gesellschaftliche Ziele, z.B. Entsorgungssicherheit, Langfristigkeit, Vorsorge, Nachhaltigkeit, keine Gewinnoptimierung, Unabhängigkeit von privaten Anbietern

2. Umweltgerechte, rechtssichere, wirtschaftliche Umsetzung:

- CO₂-optimierter Transport (LKW, Schiff, Bahn,)
- lokale/dezentrale Vorkonzentrierung des Klärschlammes durch Trocknung
- Innovative Verfahren und Bewertung im Gesamtverbund

3. Berücksichtigung spezifischer ländlicher Siedlungsstrukturen

- Einbindung dezentraler, kleiner Kläranlagen in Gesamtkonzept
- Schließung Nährstoffkreislauf durch Schnittstelle Agrarwirtschaft

4. Erweiterte Nährstoffrückgewinnung

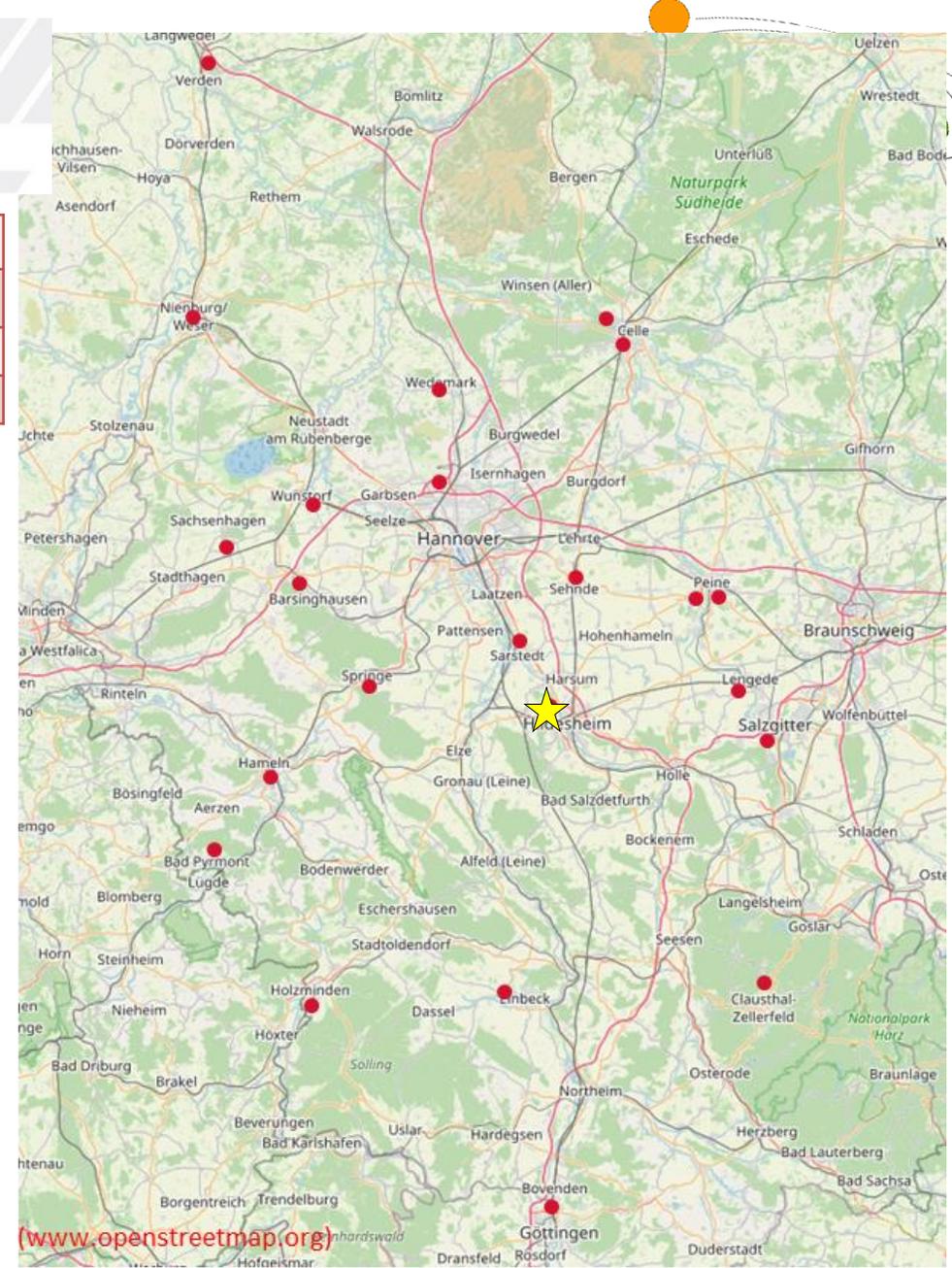
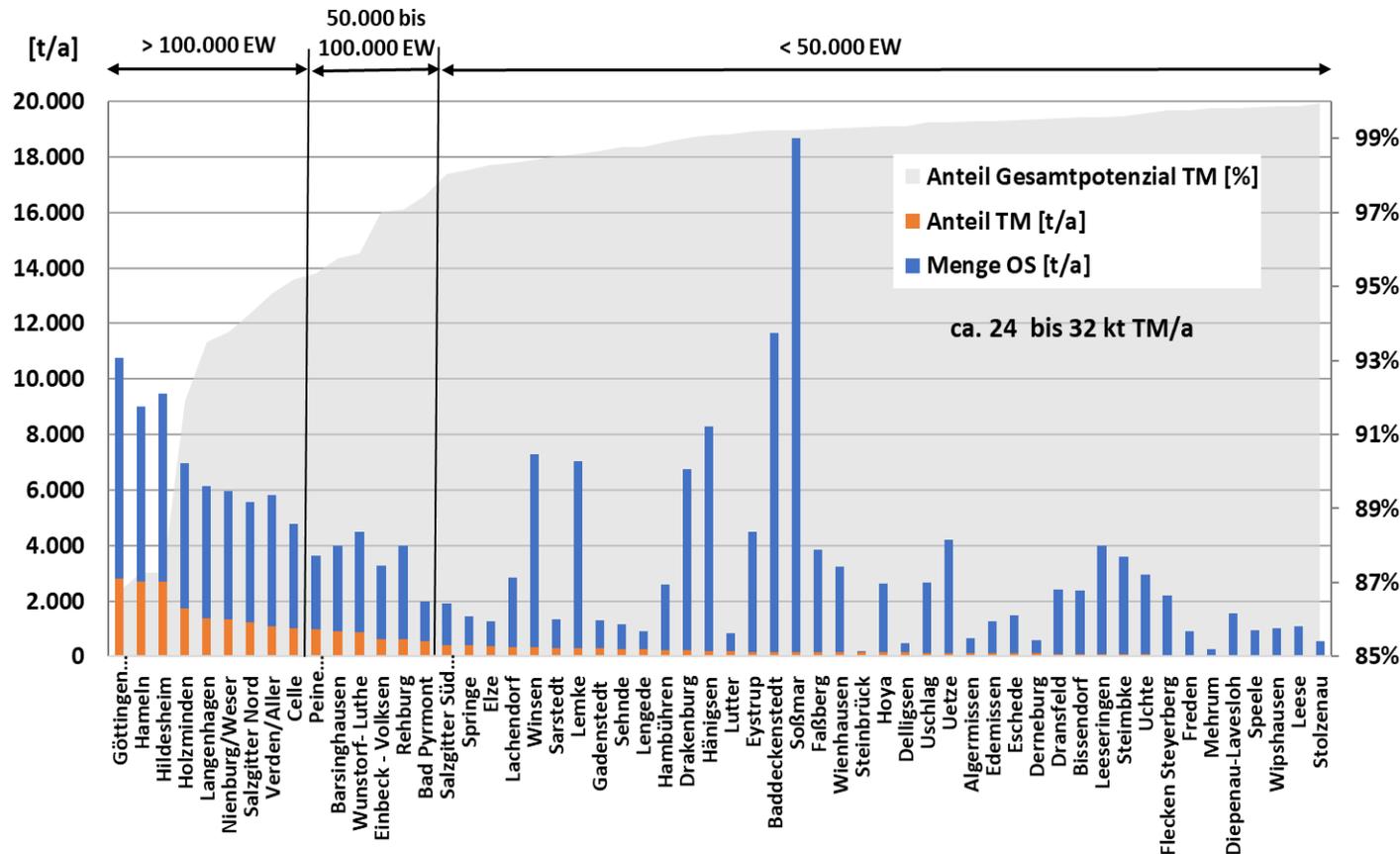
- Zentrale Rückgewinnungsverfahren (P und N)
- Einbindung Wirtschaftssubstrate

Struktur des KNRN



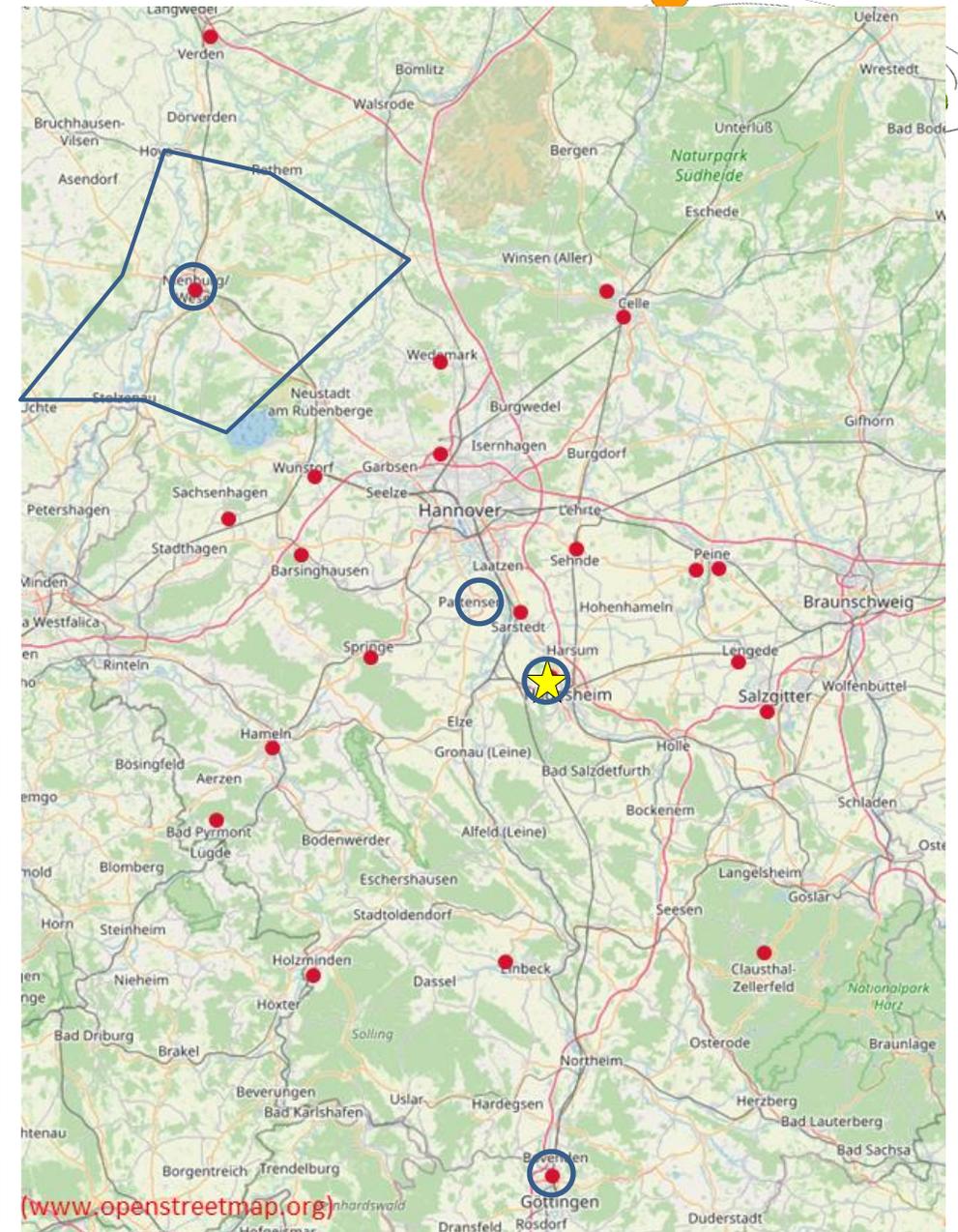
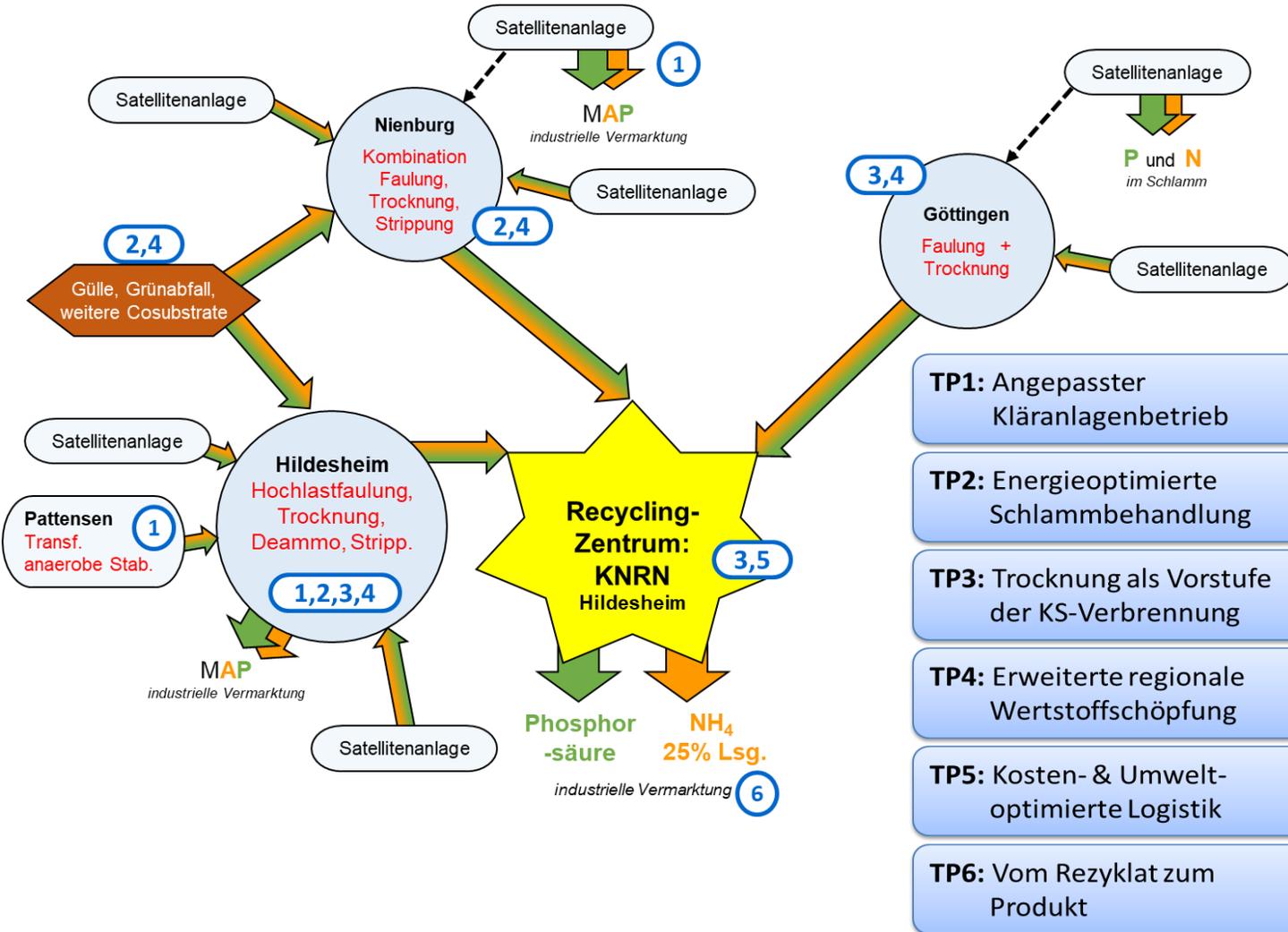
März 2019 Gründung
 23 Gesellschafter (6'20)
 Inbetriebnahme 2024/25

t/a (TS)	33.500
t/a (OS)	122.000 - 139.000
Bh/a	8.000
kg/h (TS)	4.200



SATELLITE-Inhalte

vor- und nachgelagerte Prozesse



a) Gesamt-Schlammmanagement KNRN

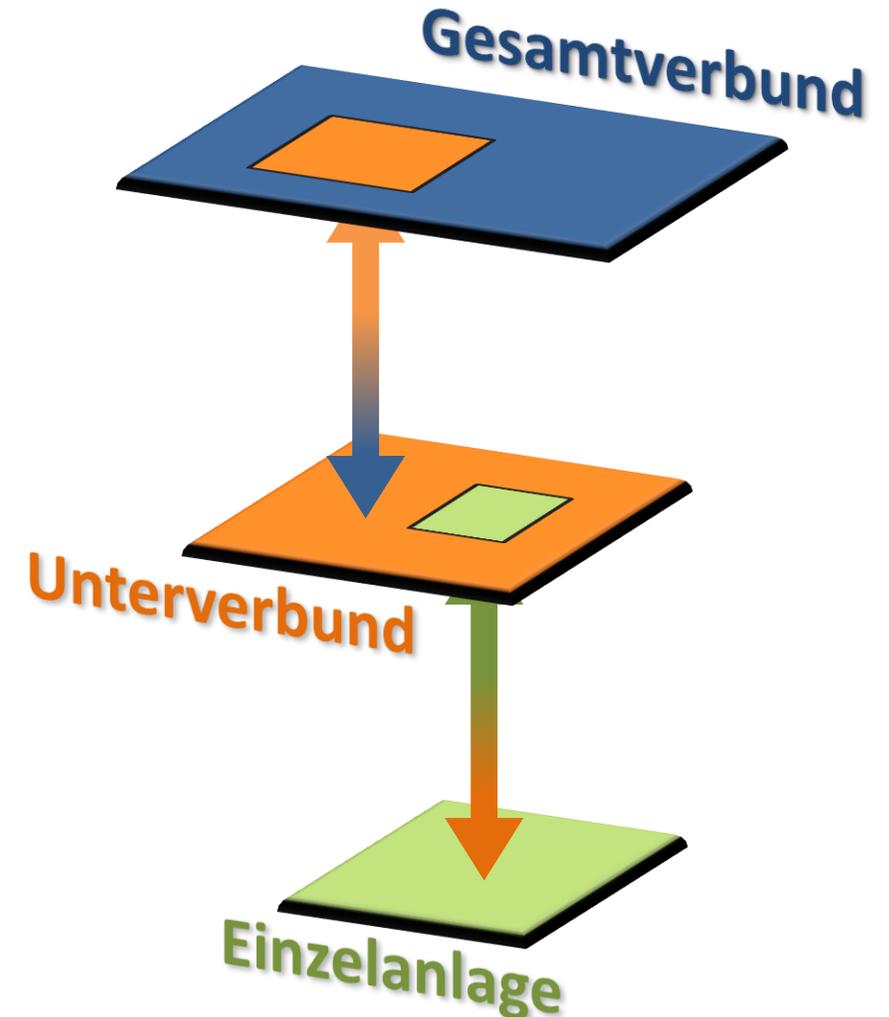
- ↪ Auswirkungen vorgelagerter Entscheidungen auf Schlamm-mengen, -struktur und Transport (Flexibilisierung/Stabilisierung durch übergeordnete Planung und dann Bewirtschaftung)
- ↪ Planung und Implementierung eines nachhaltigen Logistikkonzeptes

b) Unterverbund / Modellregion

- ↪ Semizentrale Schlammbehandlung
- ↪ Maschinenring, Logistik (Lagern/Transport)
- ↪ Einbeziehung von Wirtschaftsdüngern (Co-Substrat, regionale Nährstoff-Rückführung)

c) Anpassung Kläranlagenbetrieb

- ↪ Verfahrensauswahl und Transformation der regionalen Kläranlagen



Bewirtschaftung Gesamtverbund

IST-Zustand Schlamm ca. 16 % TR (Mittelwert über alle Schlämme)

A) Anpassung Entwässerung einzelne Anlagen → Eingangs-TR im Mittel ca. 22-23%

B) alle KA im Verbund entwässern auf min. 25% TR

C) 10 größte KA entwässern auf min. 30% TR

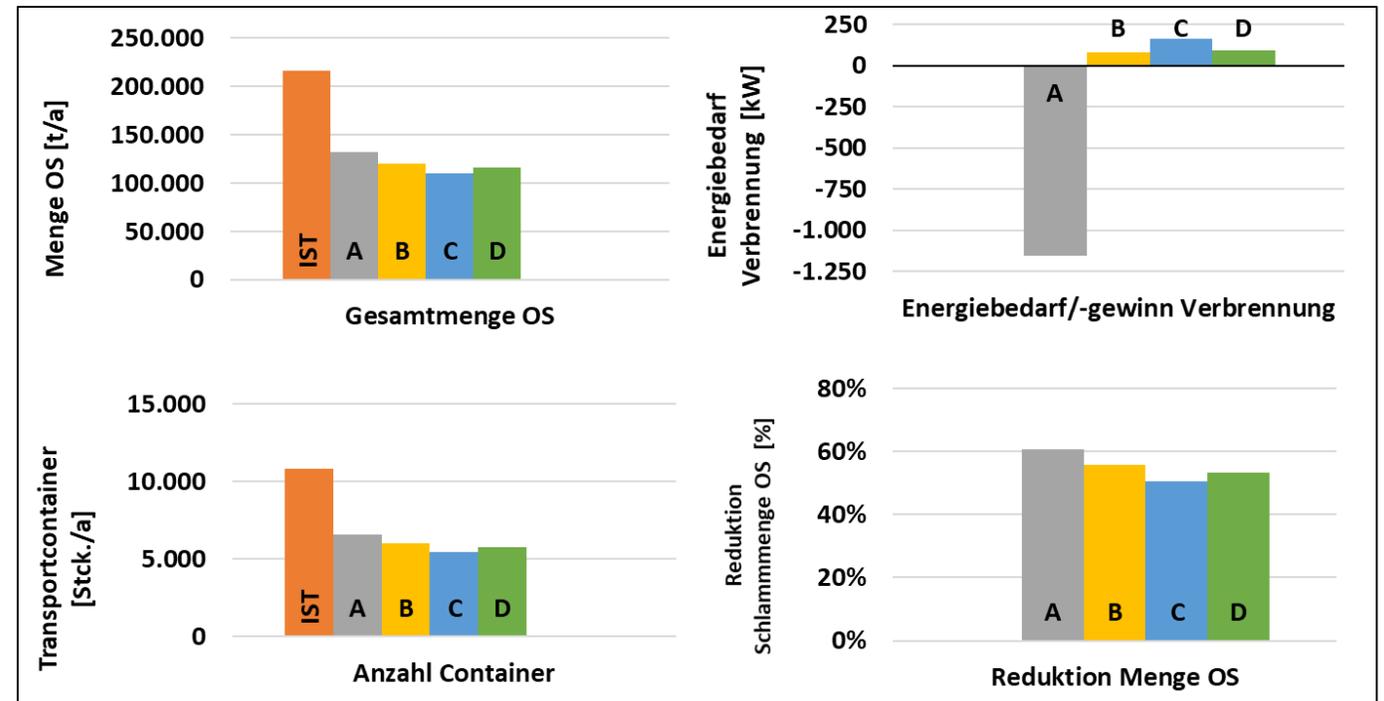
D) Volltrocknung an 3 Standorten im Verbund (hier: Hildesheim, Hameln, Nienburg)

➤ Energiebilanz KNRN

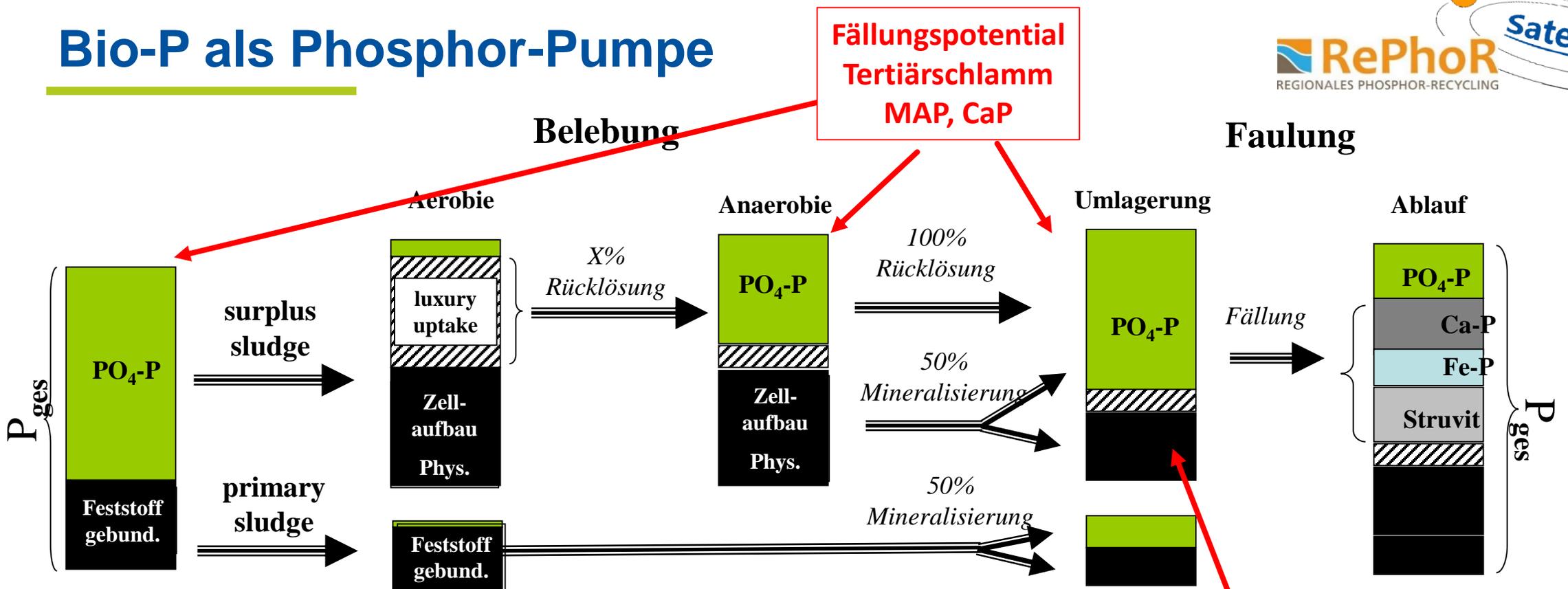
Szenario	Eingangs-TR (Mischung) [%]	Energiebedarf/-gewinn Verbrennung [kW]
A) Anpassung Entwässerung Einzelanlagen	22-23	-1.153
B) 10 größte KA min. 30% TR	ca. 25	82
C) alle KA min 25% TR	ca. 27	161
D) Volltrocknung an 3 Standorten	ca. 25	90

➤ Energiebilanz Kläranlage

- Transport
- Schlammengen

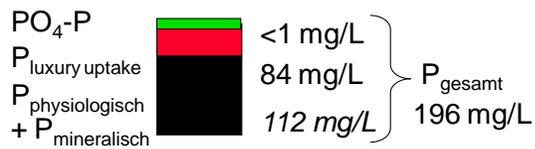


Bio-P als Phosphor-Pumpe

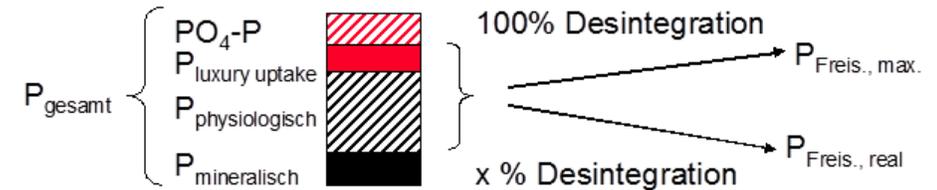
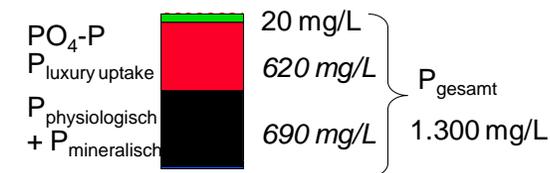


Aufkonzentration entlang der Entwässerung (Milieubdg. Fällung)

RS-Hildesheim:

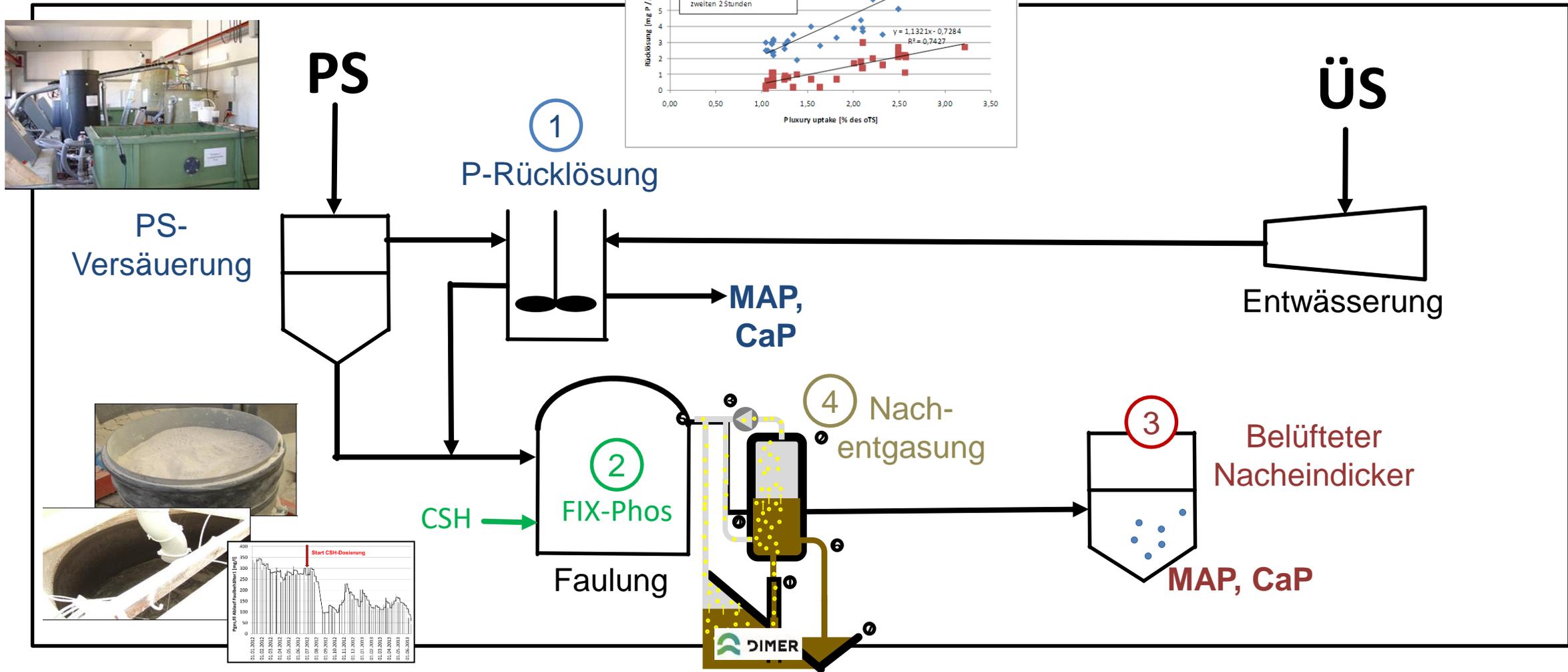


Üseingedickt-Winsen:



P-Ausschleusung bei Bio-P-Anlagen

BMBF-ProPhos (Abschluss 2011)

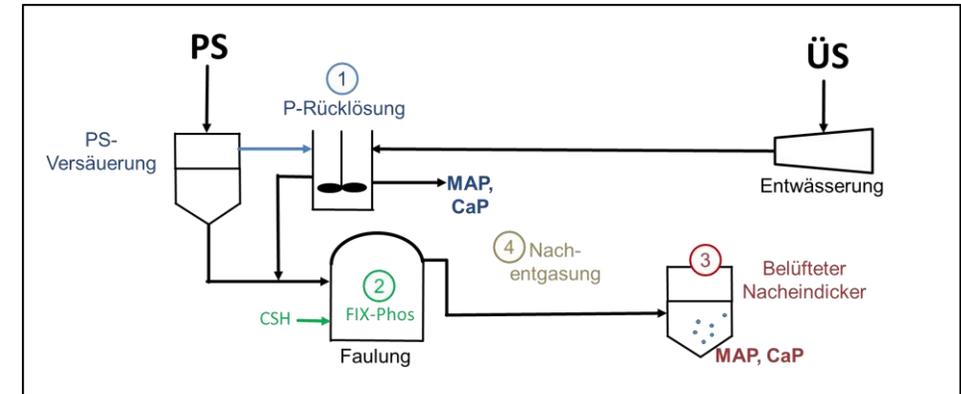


P-Ausschleusung bei Bio-P-Anlagen in SATELLITE

Alle Anlagen:

- Analyse P-Gehalte und –bindung nach Betriebsweise

- P-Anreicherung in Asche und Schlamm
- P-Abreicherung + direkte Nutzung Tertiärschlämme
- Gezielte P-Bindung (weniger Metallbdg.)
→ Pflanzenverfügbarkeit, optimale Rückgewinnung



Großtechnische Kenndaten zur Verfahrensbewertung

- P-Fällung im ÜS-Schlamm (Voreindicker) mit PS-Versäuerung großtechnisch
 - P-Fällung im Faulschlamm (Nacheindicker) großtechnisch, langjährige Erfahrung
 - Aufbereitung der verschiedenen Schlämme zu P-Säure/Calzinierung
- P-Bilanz & Charakteristik der Ausschleusungspunkte
- Steckbrieferstellung, Kenndaten aus großtechnischer Erprobung
- Schnittstelle zu P-Net

Modellregion: Nährstoffbilanz P



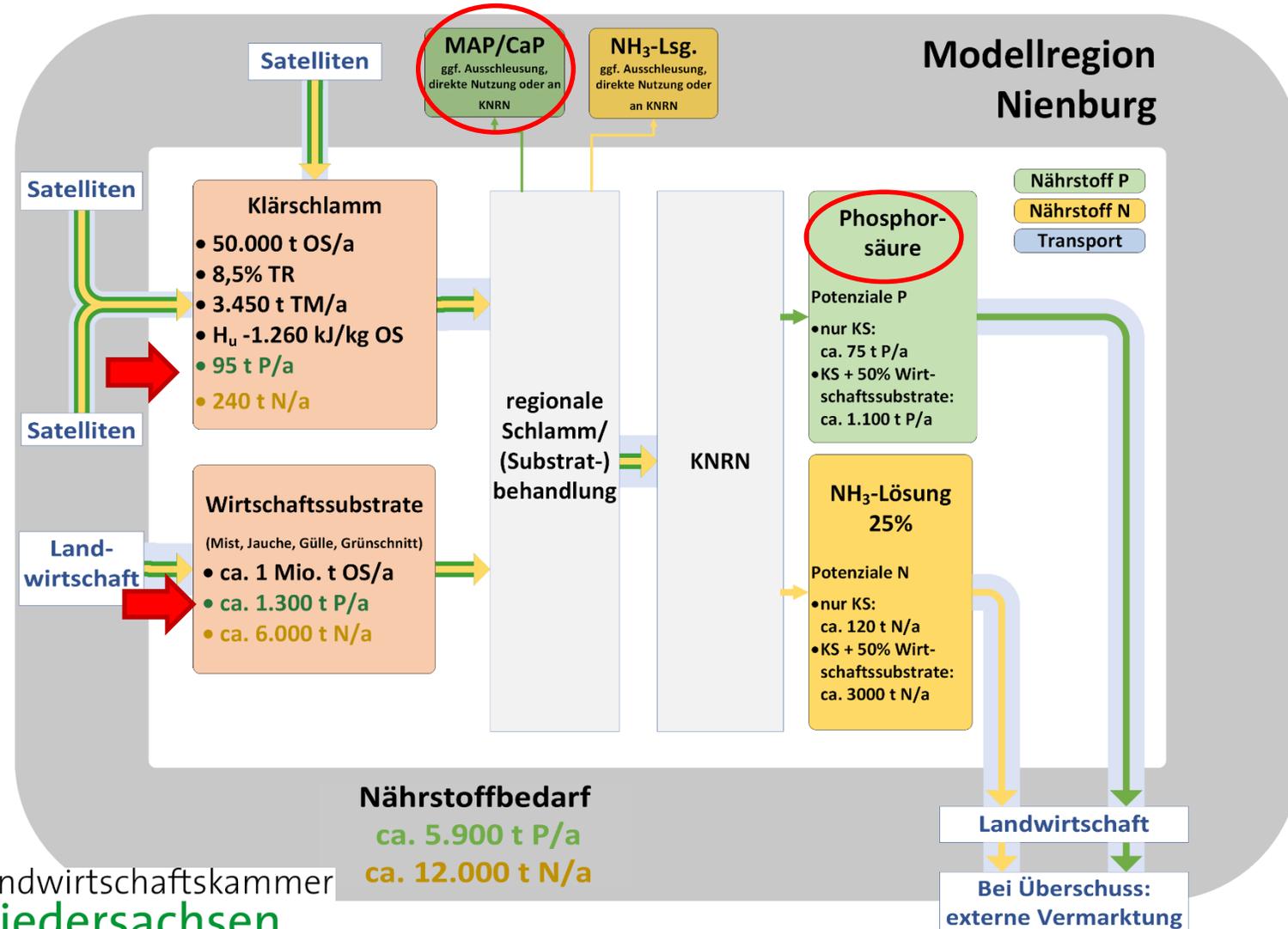
IST-Zustand Nährstoffpotentiale

➤ aus Klärschlamm

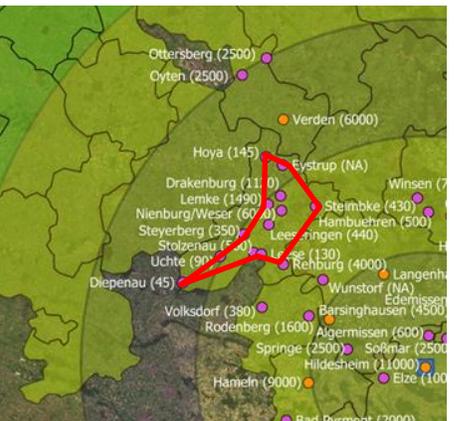
		Gesamtverbund	Region Nienburg
Anteil P (P ₂ O ₅ , Mittelwert)	kg/t TM	ca. 25	ca. 30
Masse P (Potential)	t P/a	ca. 700	ca. 95
Anteil N (Nges, Mittelwert)	kg/t TM	ca. 50	ca. 71
Masse N (Potential)	t N/a	ca. 1.200	ca. 240

➤ **Wirtschaftssubstrat,**
+ 6.000 t/a N + 3.000 t/a P

Landwirtschaftskammer
Niedersachsen

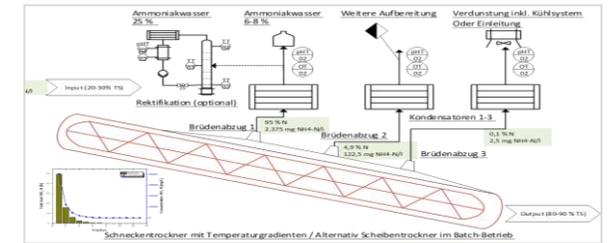


Regionale Zentren: „Stickstoff“



Versuche zur N-Rückbelastung Hildesheim

- Begleitung der Inbetriebnahme der Deammonifikationsstufe, Entwicklung adaptiven Steuerungskonzeptes mit Brüdenmanagement
- Halbtechnische Versuche zur kontinuierlichen Stufeneindampfung (Neuentwicklung)
 - Verfahrensbewertung und Steckbrieferstellung
 - Schnittstelle Wirtschaftssubstrate
 - Lagerung Ammoniakwasser



Versuche zur N-Rückgewinnung LK Nienburg

- Halbtechnische Versuche zur Luft-/Dampfstrippung
- Direkteinsatz Gülle (6.000 t/a; KS 240 t/a)
- Fernwärmenetz + solare KS-Trocknung
 - Verfahrensbewertung und Steckbrieferstellung
 - Regionale Nährstoffrückführung
 - Entkopplung Anfall/Bereitstellung/Lagerung





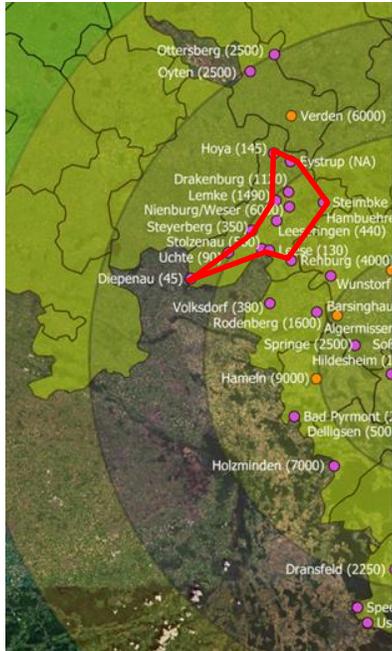
Großtechnische Versuche Kläranlagen LK Nienburg

Mobile Entwässerung

- Versuchsbetrieb an 6 Standorten (saisonal) mit vorh. Dekanter
 - Schlammanalytik (Wassergehalt, Polymere, Einfluss P-Fällung, Fäden)
- Verfahrensbewertung und Steckbrieferstellung
- Auswertungen, Analysen, Erarbeitung Bewirtschaftungs

INGENIEURBÜRO
DR. SABRINA BREITENKAMP





Großtechnische Versuche Kläranlagen LK Nienburg

Mobile Entwässerung

- Versuchsbetrieb an 6 Standorten (saisonal) mit vorh. Dekanter
 - Schlammanalytik (Wassergehalt, Polymere, Einfluss P-Fällung, Fäden)
- Verfahrensbewertung und Steckbrieferstellung
→ Auswertungen, Analysen, Erarbeitung Bewirtschaftungs

INGENIEURBÜRO
DR. SABRINA BREITENKAMP



Schnittstelle KNRN - Transportkonzept Schlamm

- Trimodaler Logistikanschluss
 - Entwicklung Lager- und Transportsystem
- Transport- und Lagermanagement – Tool
→ Auswertungen, Analysen, Erarbeitung

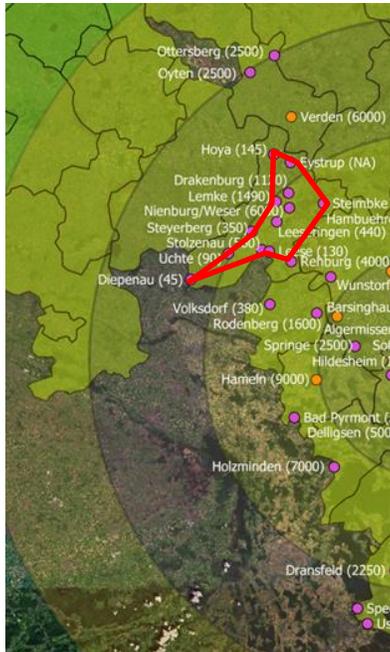
Fraunhofer
IML



kutter-mm.cominer



columbus-cargo.at



Großtechnische Versuche Kläranlagen LK Nienburg

Mobile Entwässerung

- Versuchsbetrieb an 6 Standorten (saisonal) mit vorh. Dekanter
 - Schlammanalytik (Wassergehalt, Polymere, Einfluss P-Fällung, Fäden)
- Verfahrensbewertung und Steckbrieferstellung
 → Auswertungen, Analysen, Erarbeitung Bewirtschaftungs

INGENIEURBÜRO
DR. SABRINA BREITENKAMP



Schnittstelle KNRN - Transportkonzept Schlamm

- Trimodaler Logistikanschluss
 - Entwicklung Lager- und Transportsystem
- Transport- und Lagermanagement – Tool
 → Auswertungen, Analysen, Erarbeitung



kutter-mm.cominer



columbus-cargo.at

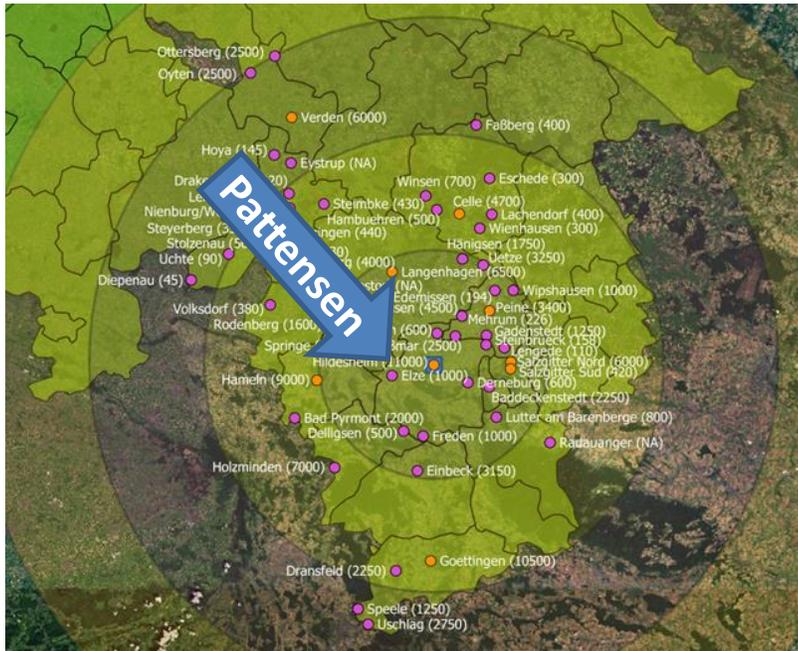
Halbtechnische Versuche KA Nienburg/Biogasanlage Leese

- Semizentrale Schlammbehandlung, Cosubstrate
 - Solare KS-Trocknung (Fernwärme)
 - Landw. Biogasanlagen - Nachnutzung, Anlagenpark
- Verfahrensbewertung und Steckbrieferstellung
 → Energiebilanzierung, Planungswerkzeug



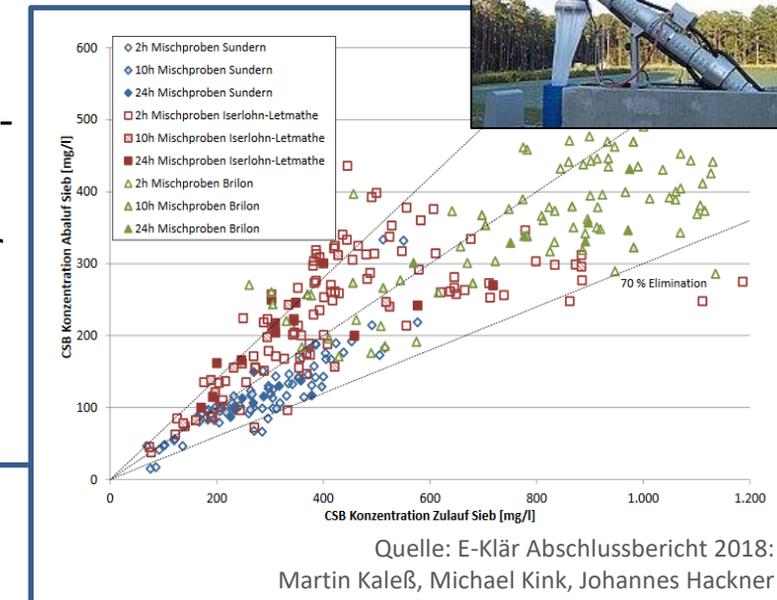
Fragestellung Satelliten

Abgabe des Schlammes an regionales Zentrum/Faulung



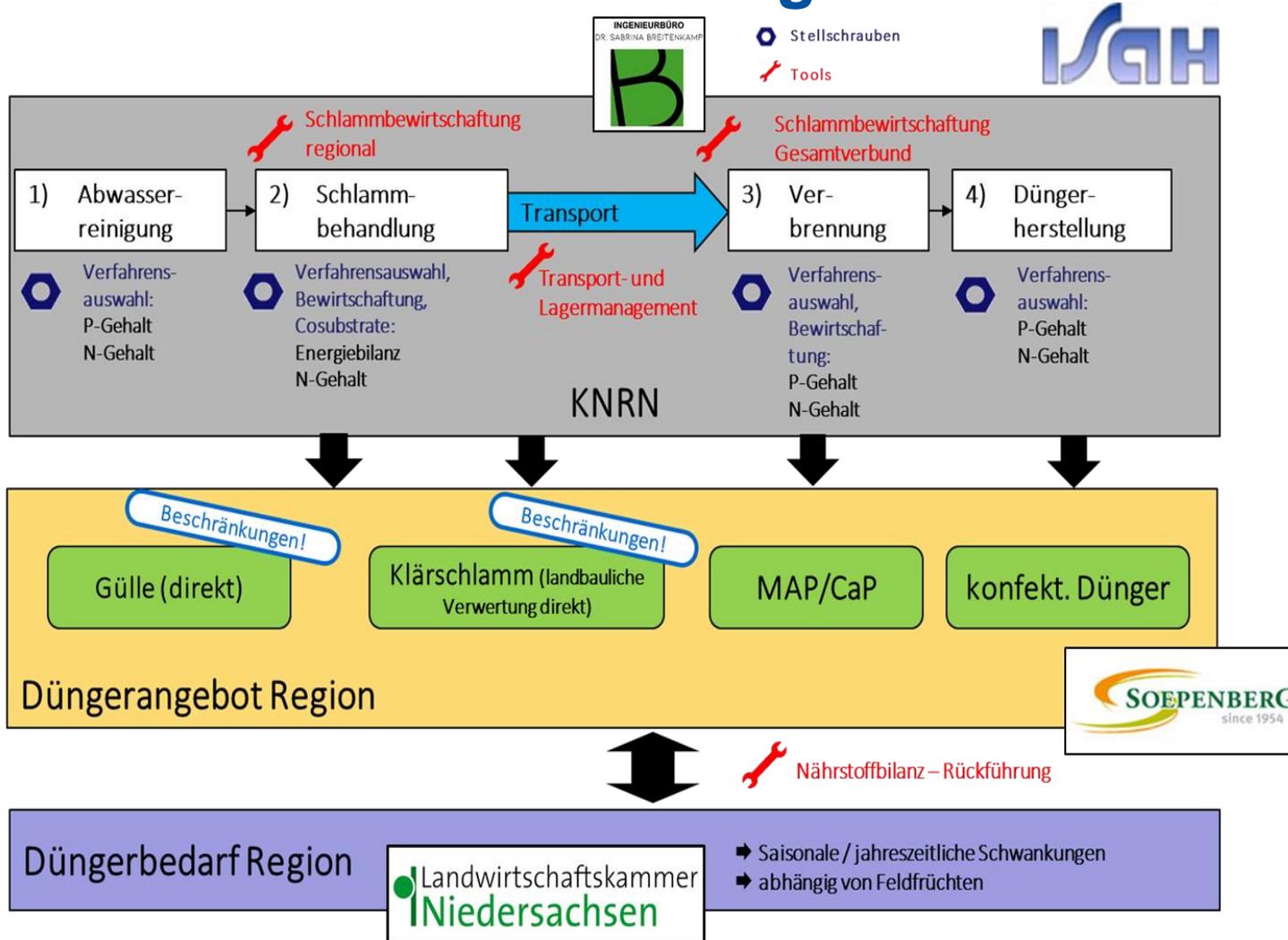
Großtechnische Versuche auf der Kläranlage Pattensen

- Großtechnische Erprobung gezielter Teilstabilisierung des ÜSS durch Regelung des Schlammalters auf Nitrifikation
→ Stabilität? Betrieb? Belüftung?
- Einbindung PS-Abtrennung Großtechnischer Betrieb eines Trommelsiebes zur Feststoffabtrennung im Zulauf
- Ermittlung von Kennzahlen zur Entwässerbarkeit sowie zur Lager- und Transportfähigkeit der verschiedenen Schlämme

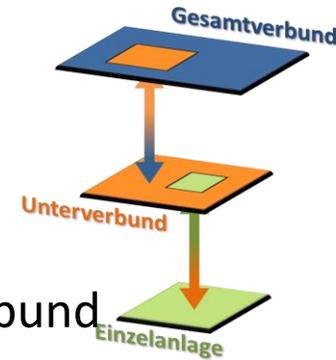


Fazit: Modellbasierte Verfahrensauswahl

Smarte Bewirtschaftung



- Verfahrensbewertung und Konzeptentwicklung auf Basis von **modellgestützten** Szenarienanalysen für die einzelne Anlage und im Verbund
 - Werkzeug zur **Sensitivitätsuntersuchung** des Systems auf zukünftige Entwicklungen oder veränderte Rahmenbedingungen
- Ziel: **Robustheit und Stufenausbau**
- Weiterentwicklung der Modelle zu angepassten **Bewirtschaftungstools**
 - Schnittstelle **Nährstoffbereitstellung** zur regionalen und saisonalen Bedarfsplanung der Landwirtschaft



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit

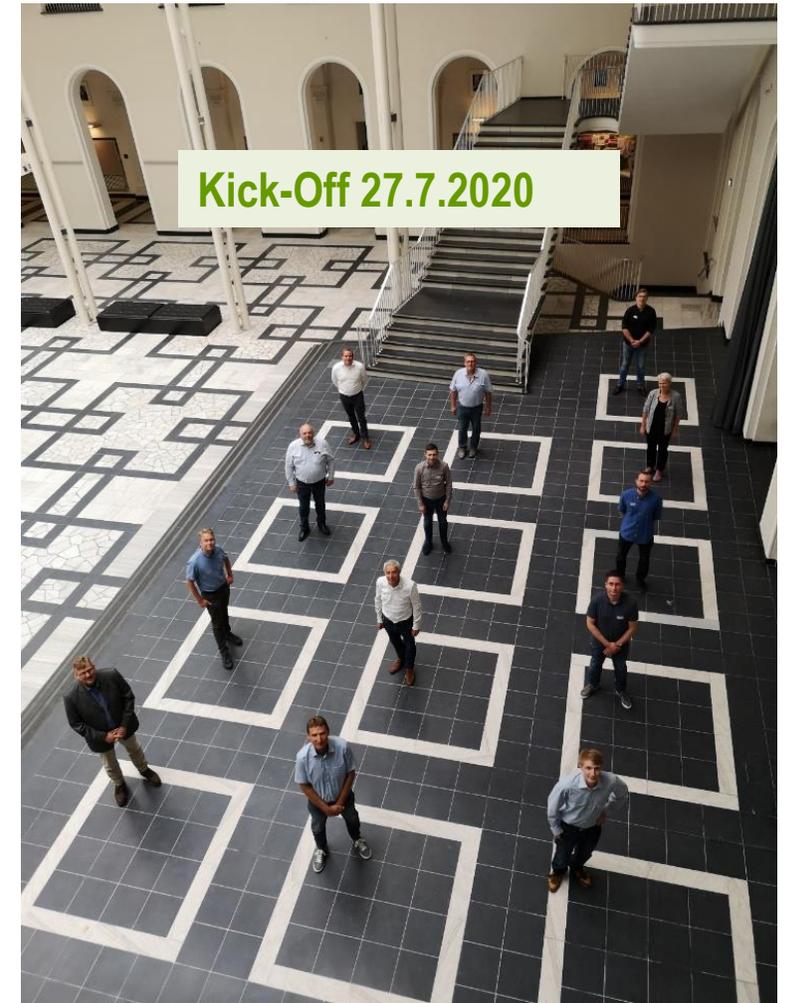
Koordination und Projektleitung



Dr.-Ing. Maike Beier
beier@isah.uni-hannover.de
0511 762 2898



INGENIEURBÜRO
DR. SABRINA BREITENKAMP



www.satellite-rephor.de

beispielhaft für stark landwirtschaftlich geprägte Regionen

- durch **gemeinsame Projektentwicklung** eine kurzfristige Umsetzung innovativer, tragfähiger Entsorgungs- und Rückgewinnungskonzepte auch für kleinere und mittlere Kommunen möglich wird, bei gleichzeitig hoher Entsorgungssicherheit und Langfristigkeit.
- durch spezifisch angepasste Anlagentechnik und –betrieb der regionalen Kläranlagen die Wirtschaftlichkeit der P-Rückgewinnung gezielt positiv beeinflusst werden kann (**strategische Investitionsplanung**).
- und eine für das Recycling-Zentrum **optimale Klärschlammqualität** (Heizwert, P-Gehalt) zum **optimalen Zeitpunkt** (gleichmäßige Auslastung) mit dem **geringsten Umweltimpact** (Transport) bereitgestellt wird.
- die **Abstimmung der Anlageninvestitionen** der Schlammbehandlung im Gesamtverbund unter Einbeziehung lokaler Spezifika die thermische Klärschlammmentsorgung wirtschaftlich und energetisch optimiert.
- durch Integration von Wirtschaftssubstraten und die zeitliche Entkopplung der Nährstoffbereitstellung eine erhöhte Wirtschaftlichkeit und **regionale Wertstoffrückführung** erreicht werden kann.

Betrachtete Verfahren sind

- Gezielte **Rückgewinnung/Anreicherung** mittels **Fällung**
- Technisch-betriebliche Umsetzung der **Teilstabilisierung** mit dem Ziel eines optimierten Verbundbetriebs (Gasertrags, Belüftungsenergie, Transport etc.)
- Rückgewinnung von **Stickstoff** über **Eindampfung/Strippung** aus Zentraten der Schlammmentwässerung, Brüden, Gällen und Gärresten
- Reduzierung der N-Rückbelastung mittels **Deammonifikation**
- Integration von regional verfügbaren Wirtschaftssubstraten in das Betriebskonzept der kommunaler **Faulungen (Hochlast/Thermophil)**
- Qualitative Vorkonfektionierung der Schlämme in Abstimmung auf den optimalen Betriebspunkt des Recyclingzentrums durch **Entwässerung und Trocknung**
- Entwicklung und Erprobung angepasster **Logistikkomponenten** für Lagerung und Transport der Produkte (flüssige Makronährstoffe)
- Nutzerspezifische Aufbereitung und Vorkonfektionierung der Rohstoffe zu vermarktbarem **Dünger „on demand“**

Projektkonsortium



Forschungseinrichtungen / Behörde



Kommunale Einrichtungen / Stadtentwässerungen



Wirtschaftsunternehmen/Planer



INGENIEURBÜRO
DR. SABRINA BREITENKAMP



Assoziierte Partner: Raifeisen AG Leese eG, Hafenbetriebsgesellschaft mbH Hi

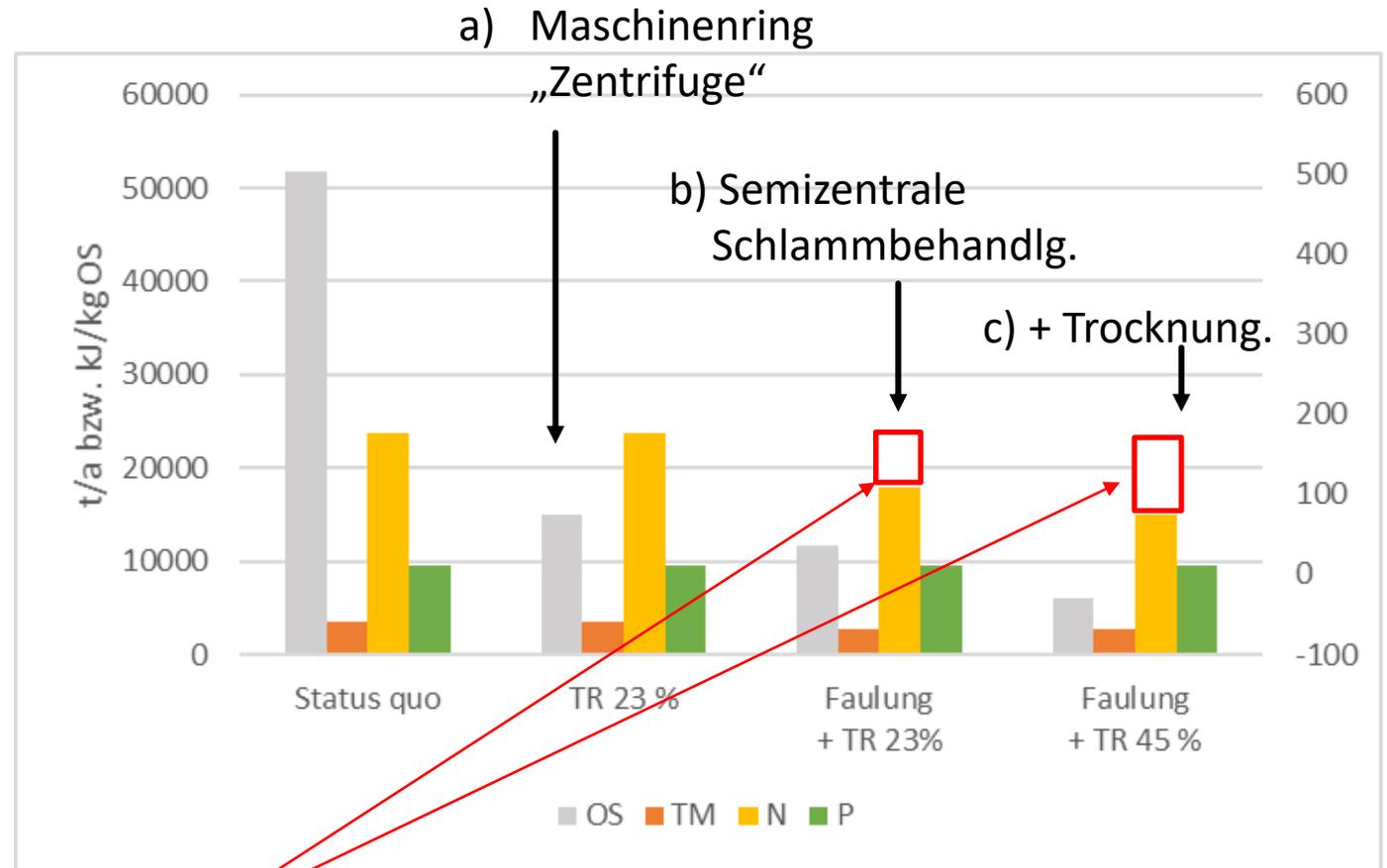
Modellregion I: Semizentrale Schlammbehandlung



		Gesamtverbund	Region Nienburg
Anteil P (P ₂ O ₅ , Mittelwert)	kg/t TM	ca. 25	ca. 30
Masse P (Potential)	t P/a	ca. 700	ca. 95
Anteil N (Nges, Mittelwert)	kg/t TM	ca. 50	ca. 71
Masse N (Potential)	t N/a	ca. 1.200	ca. 240

➤ **Wirtschaftssubstrat,**
+ 6.000 t/a N + 3.000 t/a P

N-Verluste = Rückbelastung
→ Stripung, Stufeneindampfung



+ Faulgas_{KS} 500.000 m³/a \triangleq 6.728 GJ_{el}/a

Modellregion: Nährstoffbilanz N



IST-Zustand Nährstoffpotentiale

➤ aus Klärschlamm

		Gesamtverbund	Region Nienburg
Anteil P (P ₂ O ₅ , Mittelwert)	kg/t TM	ca. 25	ca. 30
Masse P (Potential)	t P/a	ca. 700	ca. 95
Anteil N (Nges, Mittelwert)	kg/t TM	ca. 50	ca. 71
Masse N (Potential)	t N/a	ca. 1.200	ca. 240

