Aufbau eines Netzwerks zum ressourceneffizienten Phosphorrecycling und -management in der Region Harz und Heide (P-Net)

P-Net

Optimierte P-Rücklösung und Struvit-Fällung zum nachhaltigen P-Recycling

DWA-Klärschlammtage

Würzburg, 23.-25.05.2023

H. Mohammadi

A. Kolb

Prof. Dr. T. Dockhorn

Institut für Siedlungswasserwirtschaft

Technische Universität Braunschweig

Technische Universität Braunschweig

ISW Institut für Siedlungswasserwirtschaft

Institut für sozial-ökologische Forschung

Abwasserverband Braunschweig

SE|BS BS|ENERGY Gruppe

JKI Julius Kühn-Institut

PFI

ASG

SOEPENBERG since 1954

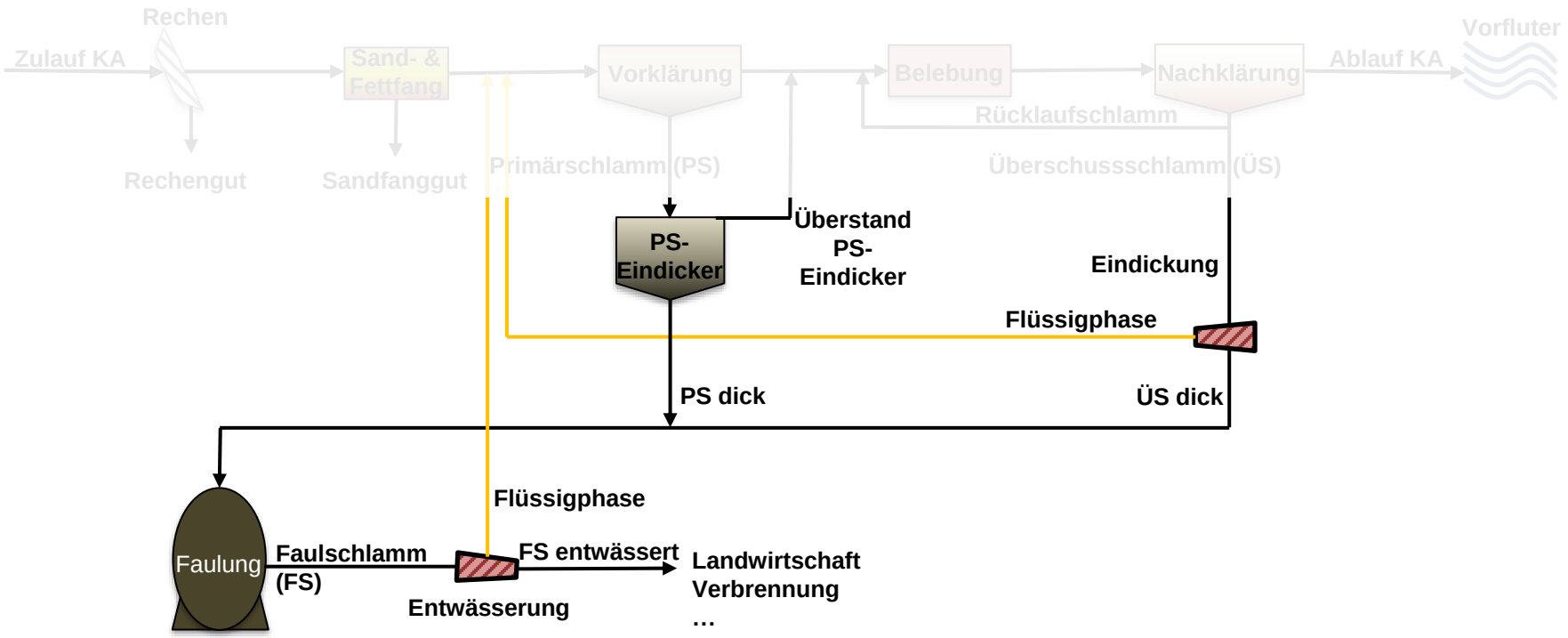
RePhoR REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

FONA Forschung für Nachhaltigkeit

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Herkömmliche Kläranlage



Ziel und Anspruch

Ziel $\xrightarrow{\text{AbfKlärV}}$ P-Recycling

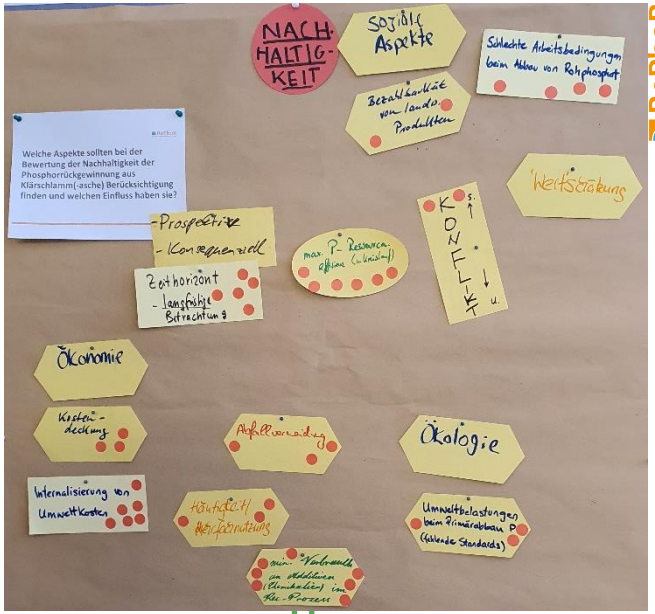
Anspruch $\xrightarrow{\text{P-Net}}$ Nachhaltigkeit

⇩

Ökologisch
Ökonomisch
Sozial

?

Welche Aspekte?
Wie wichtig?



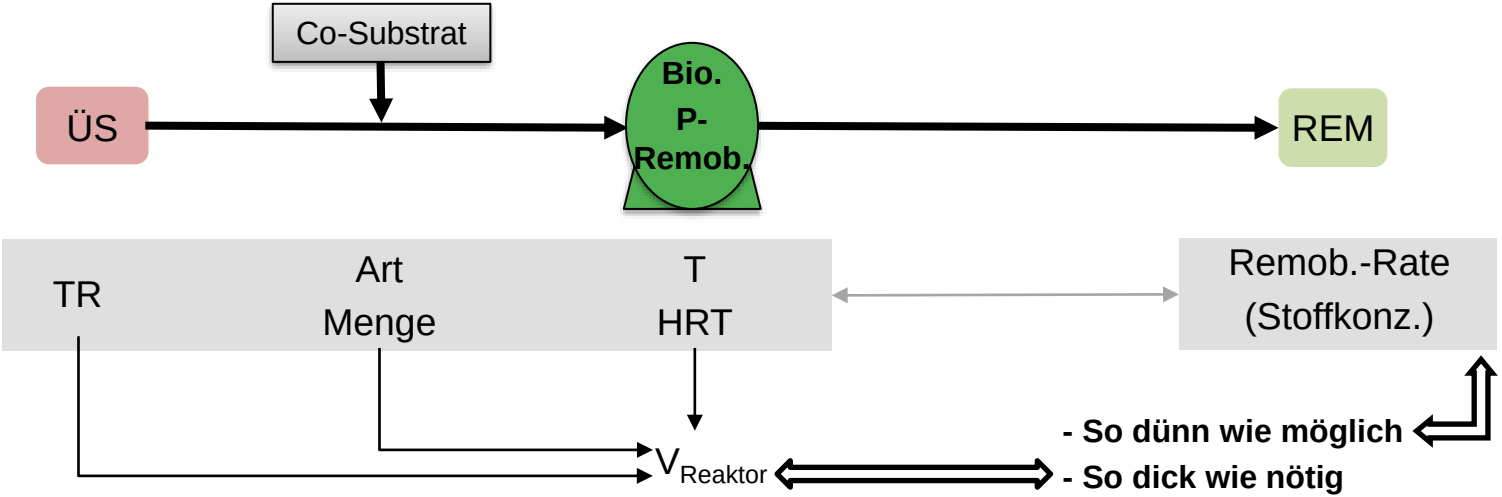
RePhoR-Statusseminar, 03./04.05.2023
Dr. Roland Meyer, RWTH Aachen University – Institut für Nachhaltigkeit im Bauwesen

⇩

min. Verbrauch an Additiven (Chemikalien) im Rec.-Prozess (7P)

Bio-P-Remobilisierung

- **Leitfrage 1:** Wie erreichen wir eine hohe P-Remobilisierungsrate (im ÜS)?

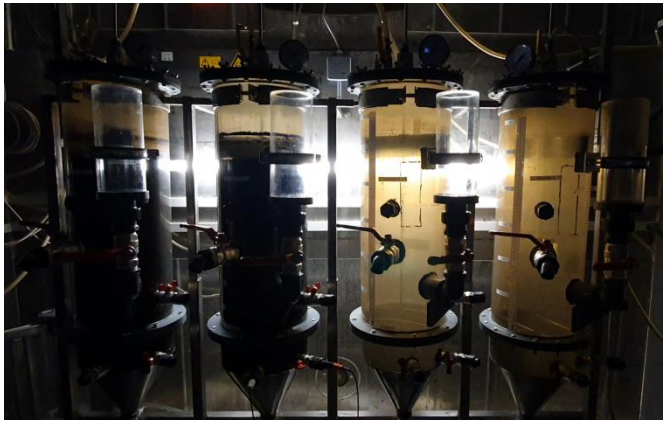


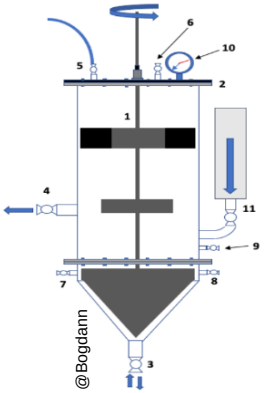
Bio-P-Remobilisierung

- **Leitfrage 1:** Wie erreichen wir eine hohe P-Remobilisierungsrate (im ÜS)?

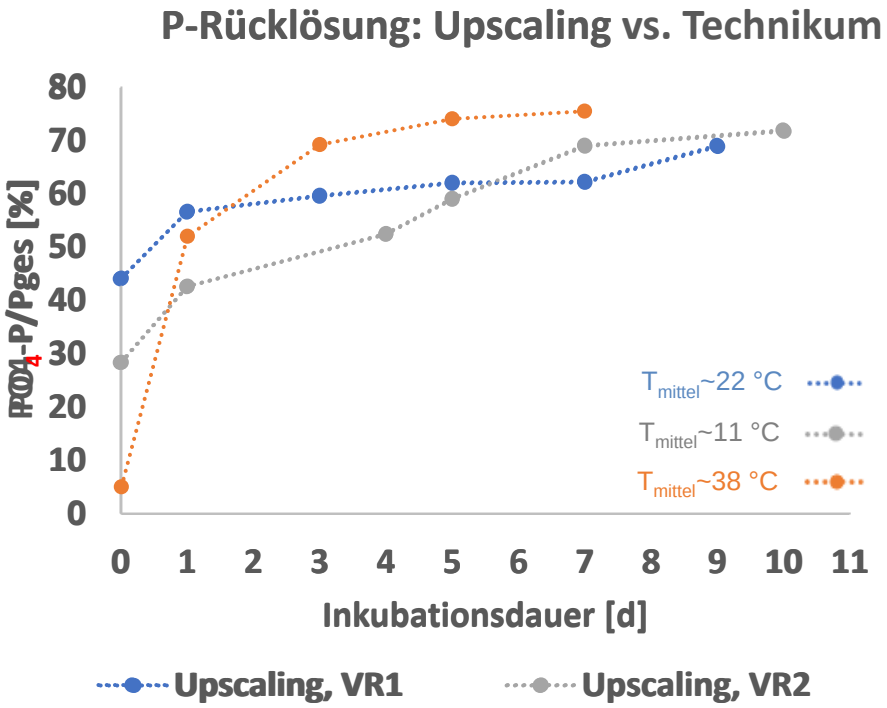
Hohe Remobilisierungsraten (bis 70%)

- Sowohl im Technikums- als auch im Großmaßstab
- Sowohl im mesophilen als auch im psychrophilen Temperaturbereich





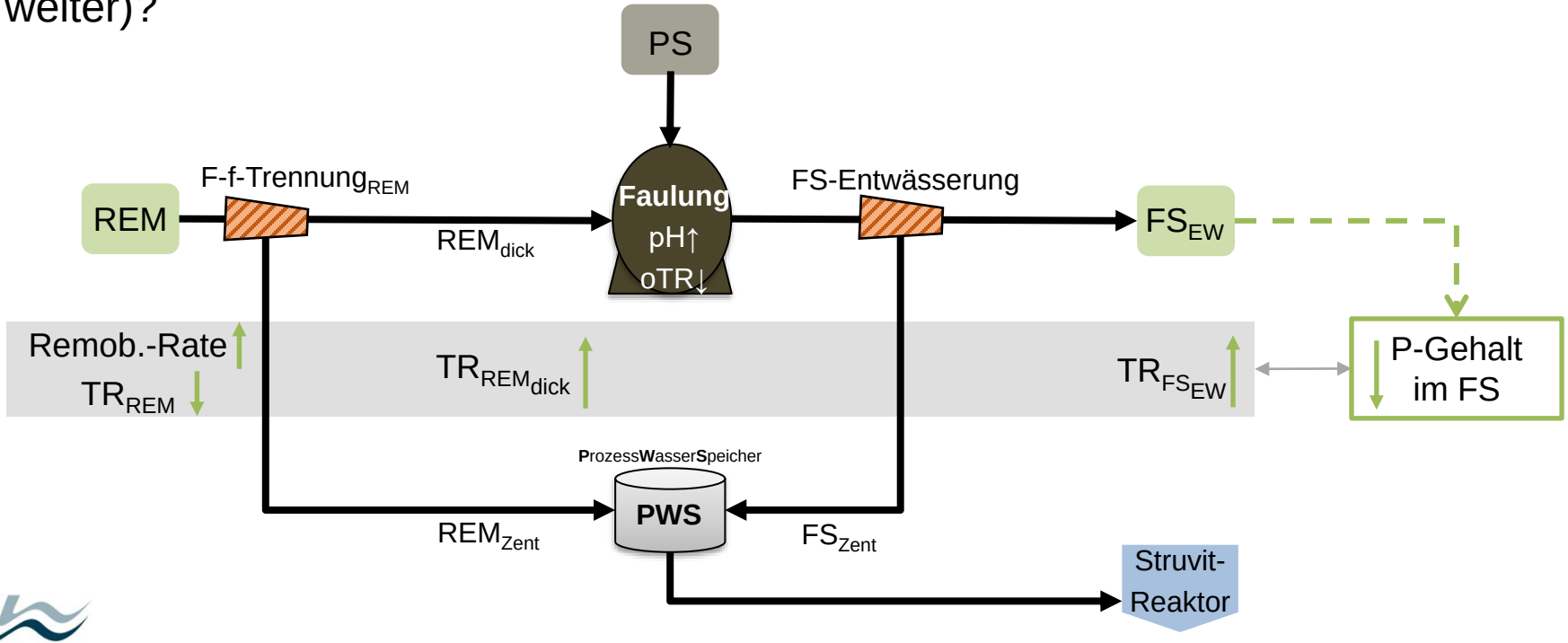
Ergebnisse Upscaling Klärwerk Steinhof (Braunschweig)



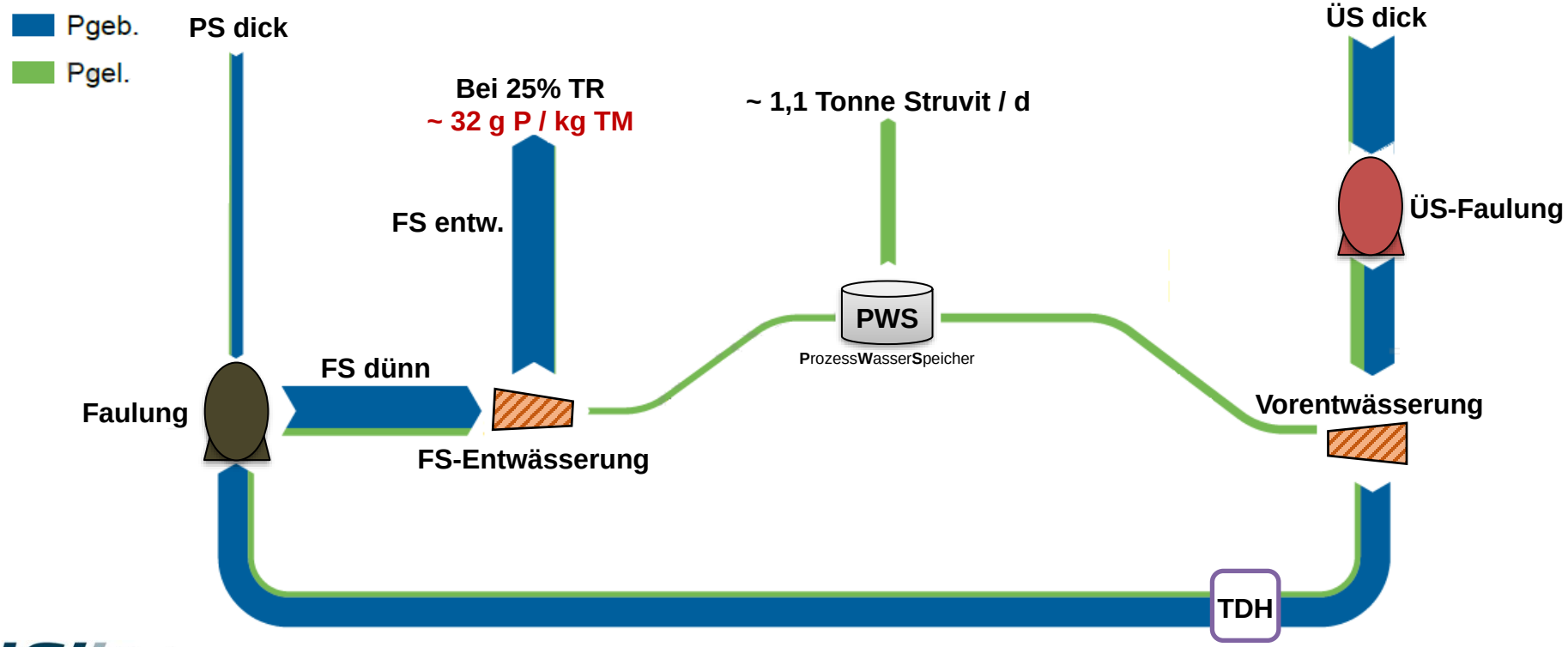
	Upscaling VR1, Tag 9	Upscaling VR2, Tag 10	Technikum Mesophil, Tag 5
TR [%]	0,72	0,85	0,95
P_{ges} [mg/l]	221,94	215,74	204,93
PO_4-P [mg/l]	152,99	154,91	145,72
Remob [%]	68,9%	71,8%	73,9%
pH [-]	5,02	5,67	5,33

P-Entfrachtung

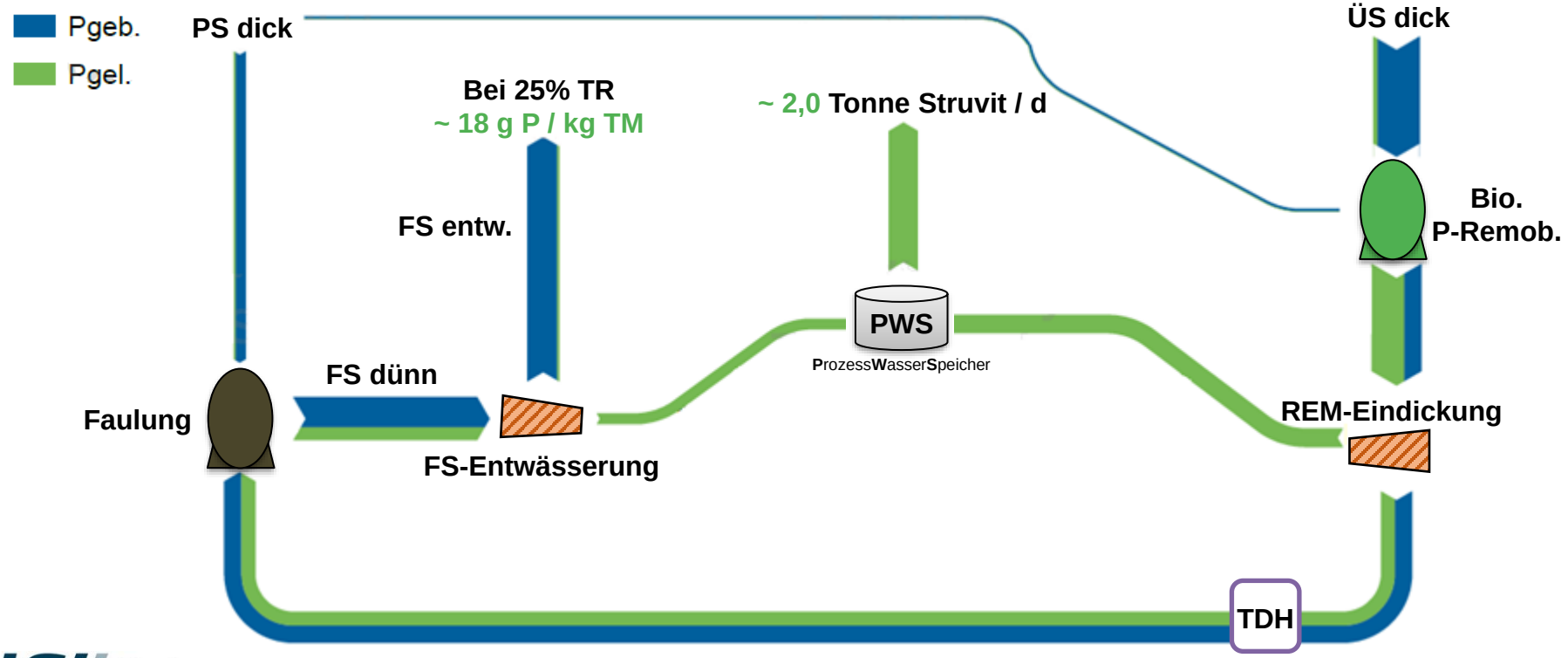
- **Leitfrage 2:** Wie erreichen wir eine hohe P-Entfrachtung (wie geht es weiter)?



Klärwerk Steinhof (Braunschweig), Ist-Zustand: P-Sankey



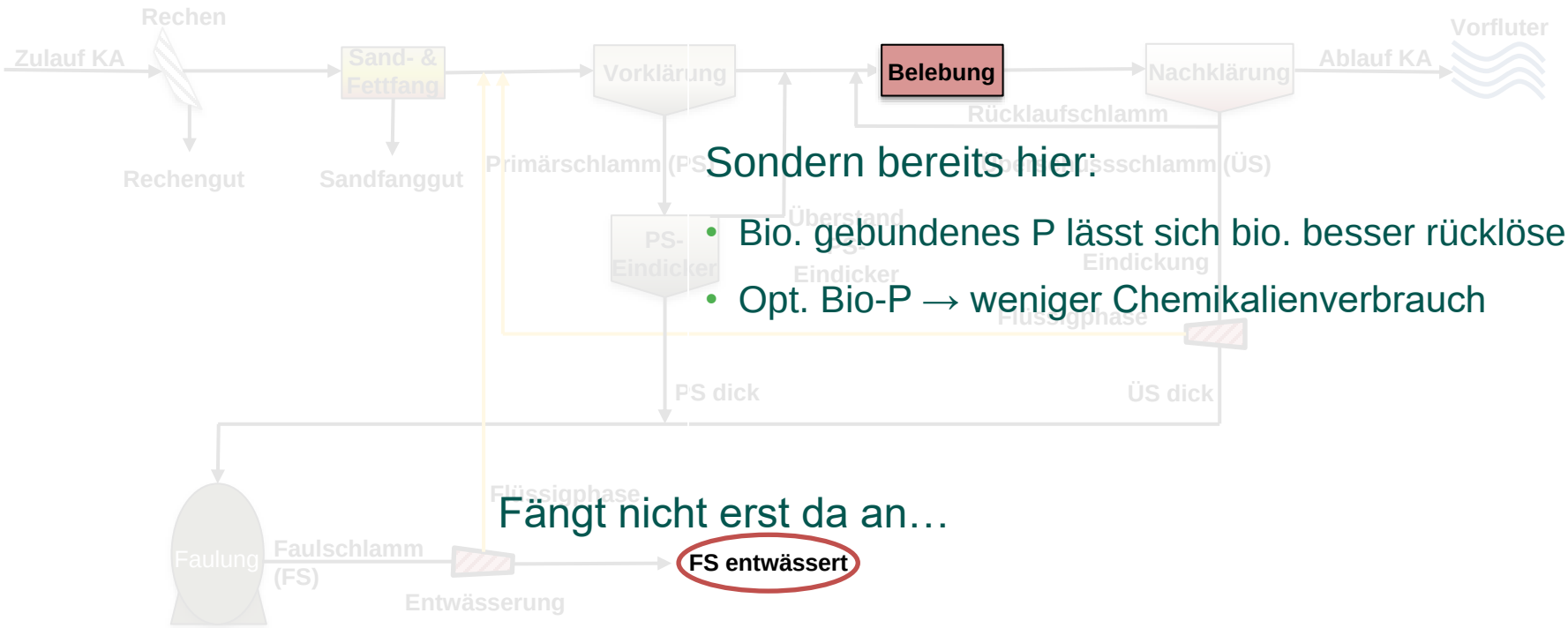
Klärwerk Steinhof (Braunschweig), Full-Scale: P-Sankey



Zwischenfazit

- P-Rücklösung <u>ohne</u> Chemikalienverbrauch
- P-Entfrachtung vor der Faulung
  - Weniger N und P-Rückbelastung → Entlastung der Belebung
  - Bessere Entwässerbarkeit des Faulschlammes
- P-Gehalt im FS < 20g P / kg TM → Mitverbrennung möglich

Zwischenfazit: Nachhaltiges P-Recycling?



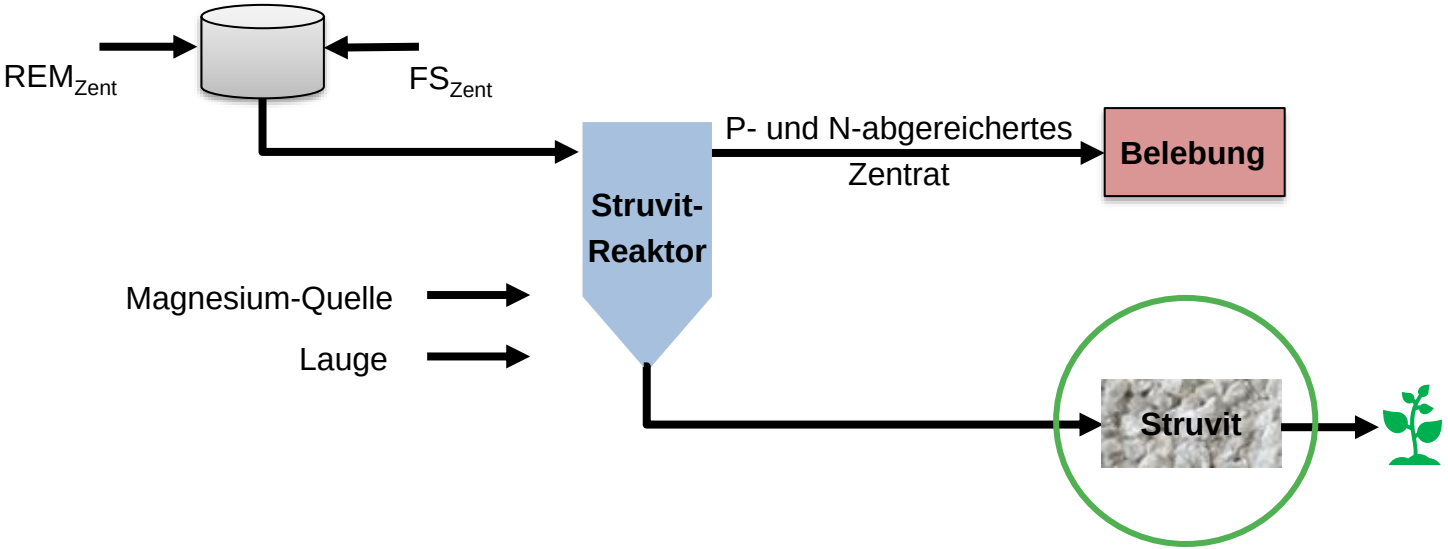
Sondern bereits hier:

- Bio. gebundenes P lässt sich bio. besser rücklösen
- Opt. Bio-P → weniger Chemikalienverbrauch

Fängt nicht erst da an…

P-Entfrachtung

- **Leitfrage 3:** Wie sieht eine ressourcenschonende P-Rückgewinnung aus?



Warum die Struvit-Schiene?

Nachteile

- Ungewollte Inkrustationen
- Nierensteine

Vorteile

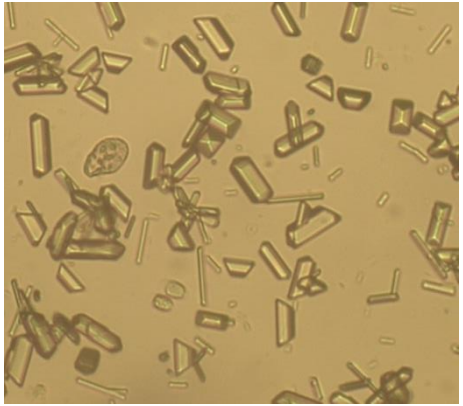
- Bei kontrolliertem Prozess
  ⇩
  Schutz von Anlagenteilen
- Pflanzenverfügbarer Mehrkomponenten-Dünger
- Gute Absetzeigenschaften
- EU-Zulassung Biolandwirtschaft

P-Net – Ertüchtigung der Struvit-Schiene

⇨ **Ertüchtigung der Struvit-Schiene durch vermehrte (biologische) P- Rücklösung**

Fällungsprozess = Überführung gelöster Ionen in partikuläre Form

⇨ je mehr $P_{gelöst}$, desto mehr Struvit-Potential



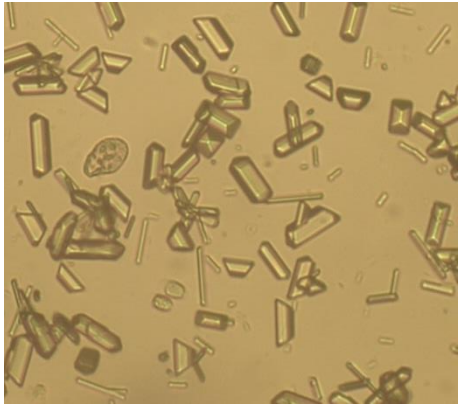
Fotos: A. Kolb

Struvit-Fällung - Theorie

Struvit = **M**agnesium-**A**mmonium-**P**hosphat

<u>Voraussetzung:</u>

- pH-Wert > 7
- Übersättigte Lösung bzgl. Reaktionspartner
- Reaktionspartner mind. stöchiometrisch 1:1:1
- ausreichende Durchmischung



$$Mg^{2+} + NH_4{}^{+} + H_nPO_4{}^{3-n} + 6H_2O \longrightarrow Mg\ NH_4PO_4 \cdot 6H_2O + nH^{+}$$

•n = 0,1,2…

Herausforderungen
bei der Fällung aus bio. remobilisertem Prozesswasser

- Komplexe Matrix rückgelöster Ionen

(Ca, Mg, PO_4, K, Fe, Cu, Zn, Ni)

- pH-Wert im Remobilisat ≈ 5

Chancen
bei der Fällung aus bio. remobilisertem Prozesswasser

- Komplexe Matrix rückgelöster Ionen

(Ca, Mg, PO_4, K, Fe, Cu, Zn, Ni)

⇨ Einsparpotential Mg-Quelle bis zu 20%

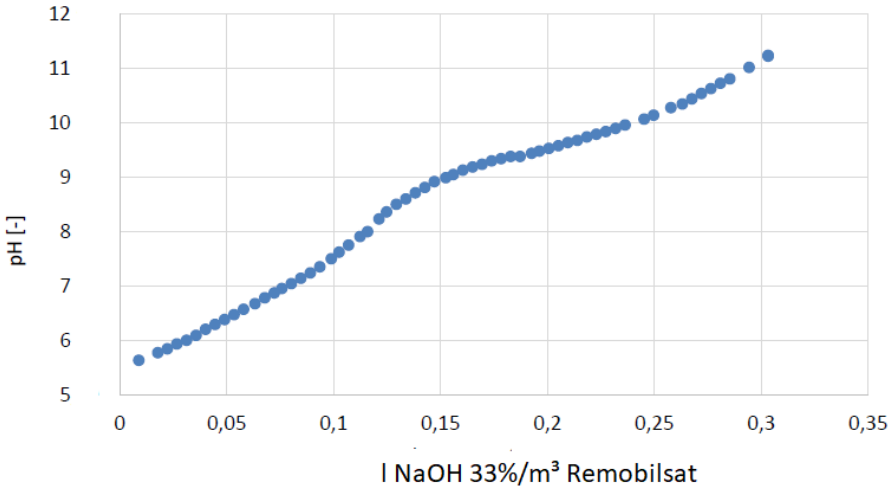
- pH-Wert im Remobilisat ≈ 5

⇨ Ausfällungen in Rohrleitungen etc. ausgeschlossen

pH-Wert Anhebung

- Organische Säuren

  ⇨ geringe Pufferwirkung im System



<u>Variante 1:</u> Zugabe von Lauge

1,1 l NaOH 33% /m³ $\text{Zentrat}_{\text{Remobilisat}}$ ⇨ pH ≈ 7,5

<u>Variante 2:</u> Verschnitt mit $\text{Zentrat}_{\text{Faulschlamm}}$

50:50 ⇨ pH ≈ 7,5

Fällungsversuche – Pilotanlage und Full-Scale

Versuchsrektoren	Technikum	Großtechnik
Volumen	24 l	9,2 m^3
Durchsatz	22 l/h	4,5 m^3/h
Prozesswasser	Zentrat, Filtrat, Remobilisat	Zentrat

- Stöchiometrie P:Mg = 1:1
- pH-Werte:
  7; 7,5; 8; 8,5; 9
- PO_4-P Input = 50 - 400 mg/l

Entfrachtung PO_4-P
85 - 97%

Fällungsversuche – Produkt

	mmol/kg $TM_{35°C}$	Stöchiometrisch
Phosphor	4.000	1,00
Stickstoff	4.220	1,05
Magnesium	4.400	1,10
Natrium	77	0,019
Kalium	50	0,013
Calcium	38	0,010
Eisen	21	0,005
Schwefel	6	0,001

Schwermetalle verschwindend gering

Ausblick F+E

- Alternative Betriebsmittel (Fällung)
- Großtechnische Implementierung
  - Auswirkungen auf den Gesamtbetrieb
- Energie- und Wirtschaftsanalyse

Fazit - Betrieb

- P-Gehalt < 20 g/kg TM ⇨ Klärschlammverordnung bzgl. **Mitverbrennung**

- Nutzung kläranlageneigener Stoffströme
- Geringer Einsatz von Betriebsmitteln/ Chemikalien
- Schutz von Anlagenteilen vor spontanen Ausfällungen

Suffizient

Kosteneinsparend

Betriebssicher

Nachhaltig

Fazit – P-Rückgewinnung

- Bio-P-Rücklösung mit anschließender Fixierung mittels Struvit-Fällung

Funktionierendes Verfahren!

- Struvit
  - **Pflanzenverfügbar**
  - **Vermarktbares Produkt!**
  - **Interessant für Biolandbau**

Die Struvit-Schiene kann eine Alternative zum P-Recycling aus KS-Asche sein!

Fkz.: O2WPR1542A-H

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

P-Net

www.p-net.tech

Hooman Mohammadi
h.mohammadi@tu-braunschweig.de
+49 531 391-7948

Andreas Kolb
a.kolb@tu-braunschweig.de
+49 531 391-7949

Inst. f. Siedlungswasserwirtschaft
Tech. Universität Braunschweig
Pockelsstr. 2a
38106 Braunschweig

Technische Universität Braunschweig
ISW Institut für Siedlungswasserwirtschaft
Abwasserverband Braunschweig
ASG
SOEPENBERG since 1954
Institut für sozial-ökologische Forschung
JKI Julius Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen Federal Research Centre for Cultivated Plants
SE BS BS|ENERGY Gruppe
PFI
RePhoR REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING
FONA Forschung für Nachhaltigkeit
GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung