

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



## Ertüchtigung der Struvit-Schiene durch das PECO-Verfahren – Erfahrungen aus dem Projekt P-Net

P-Net Webinar

20. November 2025  
online

**Prof. Dr. Thomas Dockhorn**  
**Hooman Mohammadi**  
**Andreas Kolb**

Institut für Siedlungswasserwirtschaft  
Technische Universität Braunschweig



Institut für Siedlungswasserwirtschaft

Institut für  
sozial-ökologische  
Forschung



SE|BS

BS|ENERGY Gruppe



Julius Kühn-Institut  
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen  
Federal Research Centre for Cultivated Plants



REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING Forschung für Nachhaltigkeit

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Partner und APs im P-Net

## Verbundpartner



## Arbeitspakete

- AP 1 Stoffstrombehandlung → Peco-Verfahren
- AP 2 Produkte und Märkte
- AP 3 Institutionen und Akteure
- AP 4 Verallgemeinerung
- AP 5 Koordination und Projektmanagement

## Der P-Net Ansatz zum P-Recycling

---

Treiber: Novellierung Klärschlammverordnung 2017 (AbfKlärV)  
Phosphorrückgewinnungspflicht ab 2029

**Faulschlamm:**

> 20 g P/ kg TM = Monoverbrennung

**Faulschlamm:**

< 20 g P/ kg TM = Option  
zur Mitverbrennung

# Das PECO-Verfahren im P-Net

**Biology**

**First!**



**Anaerob-biologische**

**P-Remobilisierung**

\*[https://www.google.com/imgres?imgurl=https://3a%2F%2F2f2g2reng8ah3.cloudfront.net%2Fimage-handler%2Fpicture%2F2021%2F%2Fshutterstock\\_1542887527.jpg&ibnd=ddafYjyA7M&ved=2a8hLKEwYj8R-P4\\_S2EA1veD9Hh62-D9wQMjgQIARBD\\_&imgrefurl=https://3a%2F%2F2fwww.news-medical.net%2Ffile-sciences%2Fusing-microorganisms-to-treat-cancer.aspx&docid=4ZgK44uMj8w=673&h=504&q=microorganisms&ved=2a8hLKEwYj8R-P4\\_S2EA1veD9Hh62-D9wQMjgQIARBD\\_](https://www.google.com/imgres?imgurl=https://3a%2F%2F2f2g2reng8ah3.cloudfront.net%2Fimage-handler%2Fpicture%2F2021%2F%2Fshutterstock_1542887527.jpg&ibnd=ddafYjyA7M&ved=2a8hLKEwYj8R-P4_S2EA1veD9Hh62-D9wQMjgQIARBD_&imgrefurl=https://3a%2F%2F2fwww.news-medical.net%2Ffile-sciences%2Fusing-microorganisms-to-treat-cancer.aspx&docid=4ZgK44uMj8w=673&h=504&q=microorganisms&ved=2a8hLKEwYj8R-P4_S2EA1veD9Hh62-D9wQMjgQIARBD_)

**Struvit-Fällung**



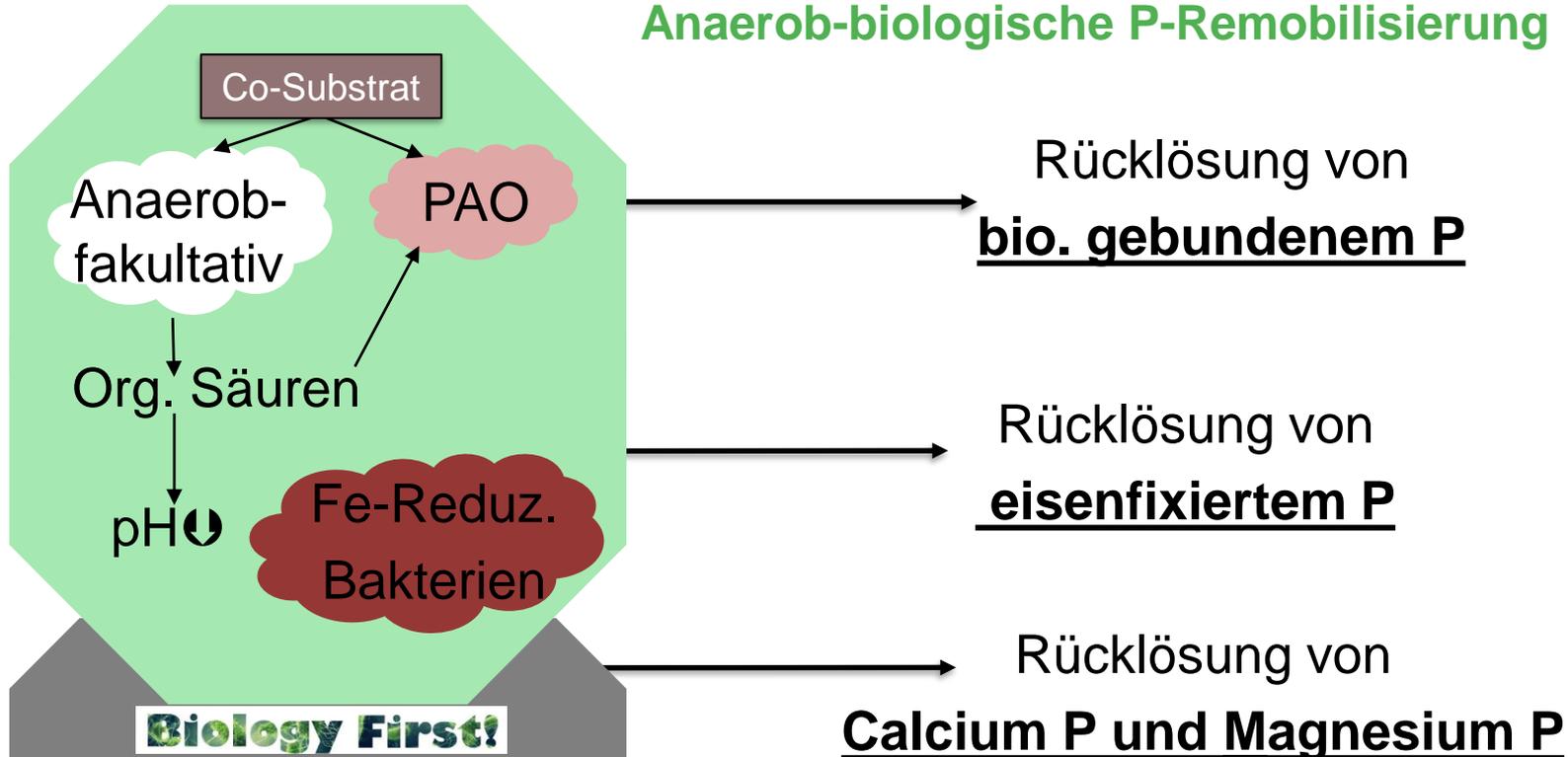
**Chemistry**

**Second!**

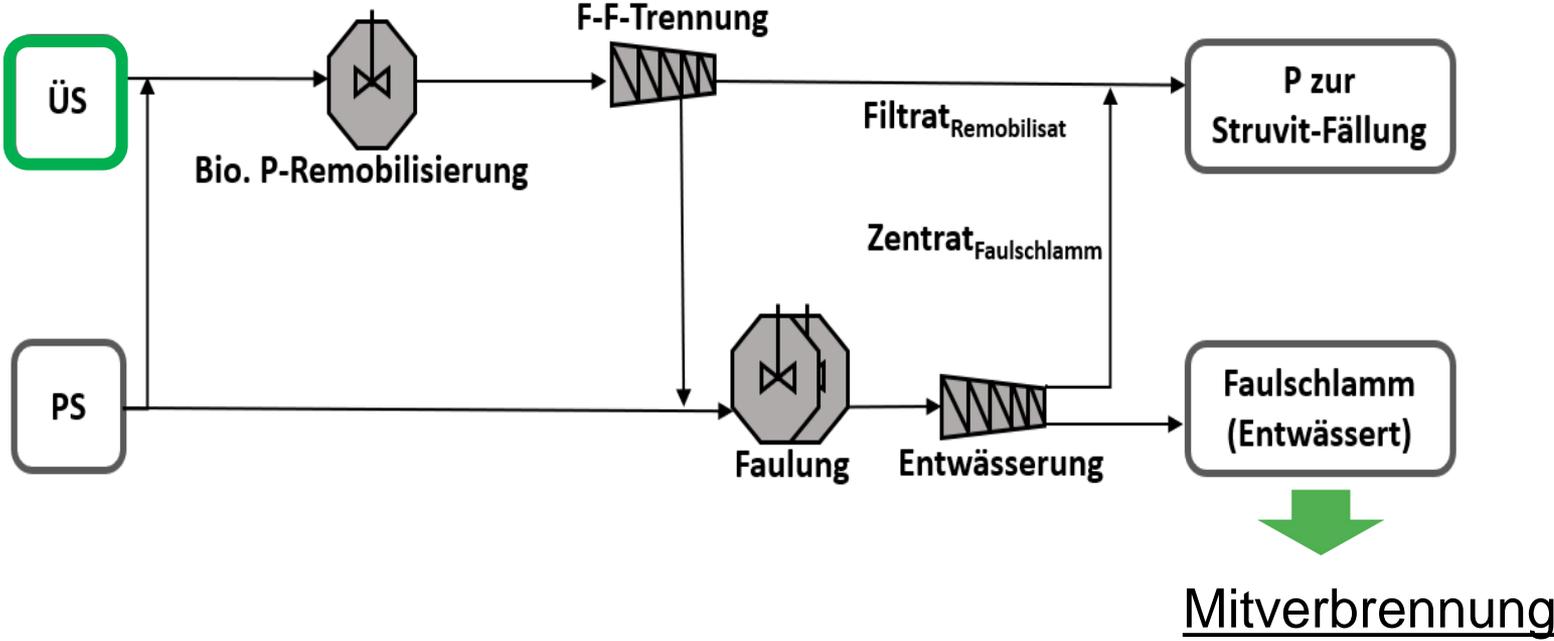
\*[https://www.google.com/imgres?imgurl=https://3a%2F%2Fwww.scienceday.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2023%2F1%2Felemental-feat-image.png&ibnd=NCuuf8cyGWM&ved=1OCDBGMjNAmoXCMjLKvYaeAMVAAAAAB0AAAAAEAU\\_&imgrefurl=https://3a%2F%2Fwww.scienceday.com%2Fsegment%2Ffive-elements-of-life-elemental%2F&docid=8A2C2D8rC5Y1YMs=w=1800&h=1200&q=chemistry%2Fpic%2Fgreen&ved=1OCDBGMjNAmoXCMjLKvYaeAMVAAAAAB0AAAAAEAU\\_](https://www.google.com/imgres?imgurl=https://3a%2F%2Fwww.scienceday.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2023%2F1%2Felemental-feat-image.png&ibnd=NCuuf8cyGWM&ved=1OCDBGMjNAmoXCMjLKvYaeAMVAAAAAB0AAAAAEAU_&imgrefurl=https://3a%2F%2Fwww.scienceday.com%2Fsegment%2Ffive-elements-of-life-elemental%2F&docid=8A2C2D8rC5Y1YMs=w=1800&h=1200&q=chemistry%2Fpic%2Fgreen&ved=1OCDBGMjNAmoXCMjLKvYaeAMVAAAAAB0AAAAAEAU_)

# Die Funktionsweise des PECO-Verfahrens

## Anaerob-biologische P-Remobilisierung



# Die Einbindung des PECO-Verfahrens auf der Kläranlage



# Die praktische Umsetzung des PECO-Verfahrens



Partner im P-Net:

**Kläranlage Gifhorn**  
**Kläranlage Braunschweig**

# Die praktische Umsetzung des PECO-Verfahrens

---

## Kläranlage Braunschweig



- 350.000 EGW
- **Biologische P-Elimination**
- Großtechnische Struvit-Fällung vorhanden
- Großtechnischer Probetrieb in 2023/ 2024/ 2025

## Kläranlage Gifhorn



- 50.000 EGW
- **Eisenfällung zur P-Elimination**
- Improvisierte Struvit-Fällung aufgebaut
- Großtechnischer Probetrieb in 2024

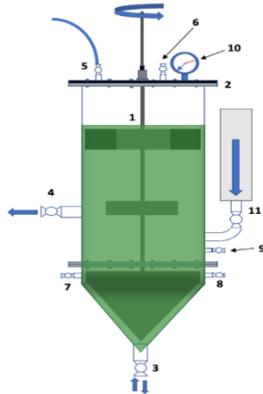
# Das PECO-Verfahren in Braunschweig

2005    2012    2020    Nov. 2022    Nov. 2023

T.Dockhorn    T. Esemen



Labor  
1 L



Technikum  
40 L

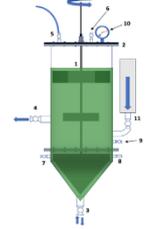
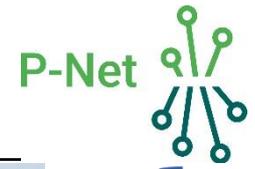


Upscaling  
1.000 m<sup>3</sup>

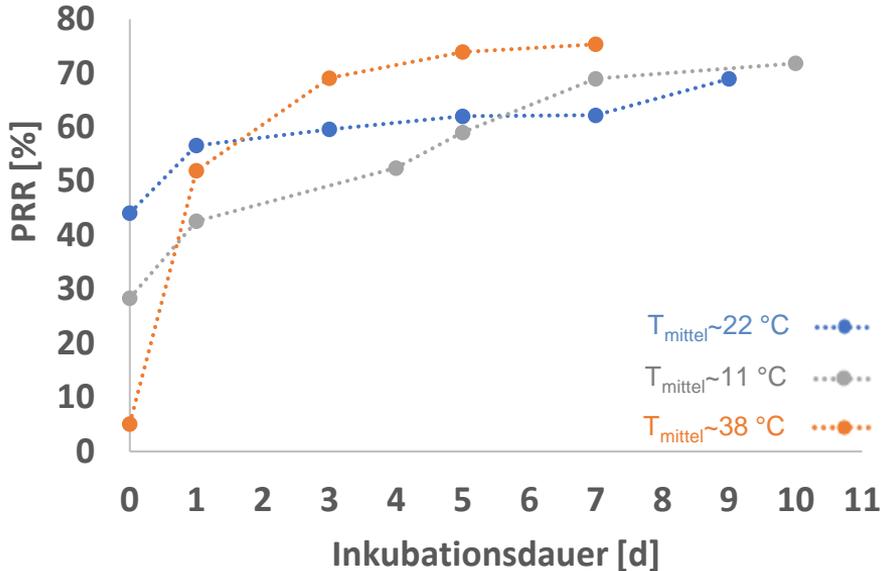


Full-Scale  
2.100 m<sup>3</sup>

# Das PECO-Verfahren in Braunschweig - Ergebnisse



P-Rücklösung: Upscaling vs. Technikum



	Upscaling VR1, Tag 9	Upscaling VR2, Tag 10	Technikum Mesophil, Tag 5
--	----------------------	-----------------------	---------------------------

TR [%]	0,72	0,85	0,95
P <sub>ges</sub> [mg/l]	221,94	215,74	204,93
PO <sub>4</sub> -P [mg/l]	152,99	154,91	145,72
PRR [%]	68,9%	71,8%	73,9%
pH [-]	5,02	5,67	5,33

Upscaling, VR1

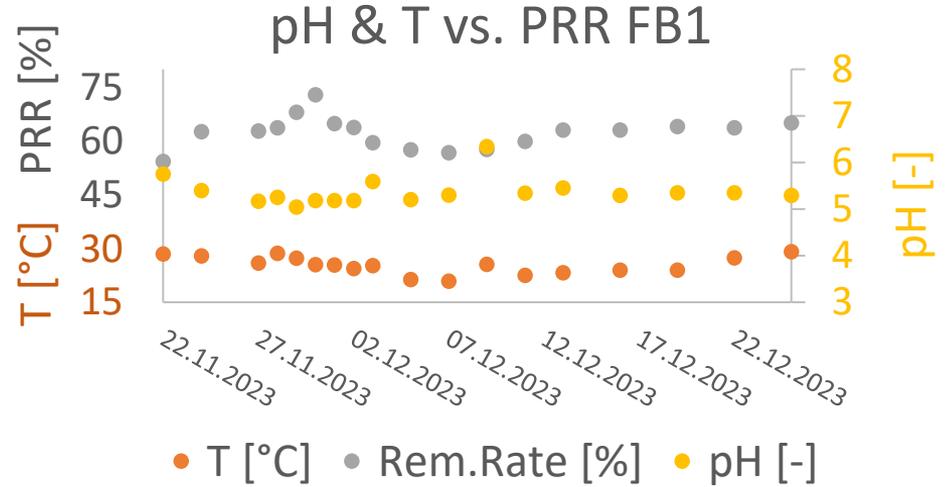
Upscaling, VR2

Technikum, Mesophil

# Das PECO-Verfahren in Braunschweig - Ergebnisse



- ▶  $V = 2.100 \text{ m}^3$
- ▶  $\text{HRT} \approx 4,5 \text{ d}$
- ▶  $T \approx 20\text{-}30 \text{ }^\circ\text{C}$
- ▶ Kont. Test Betrieb

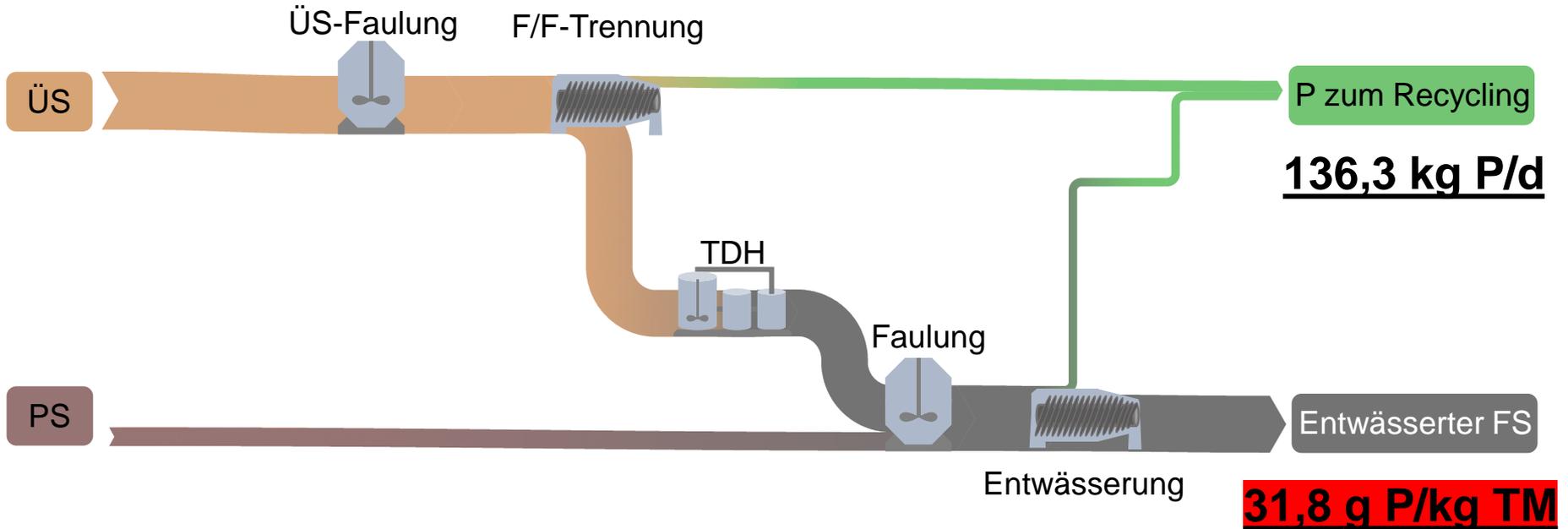


PRR:

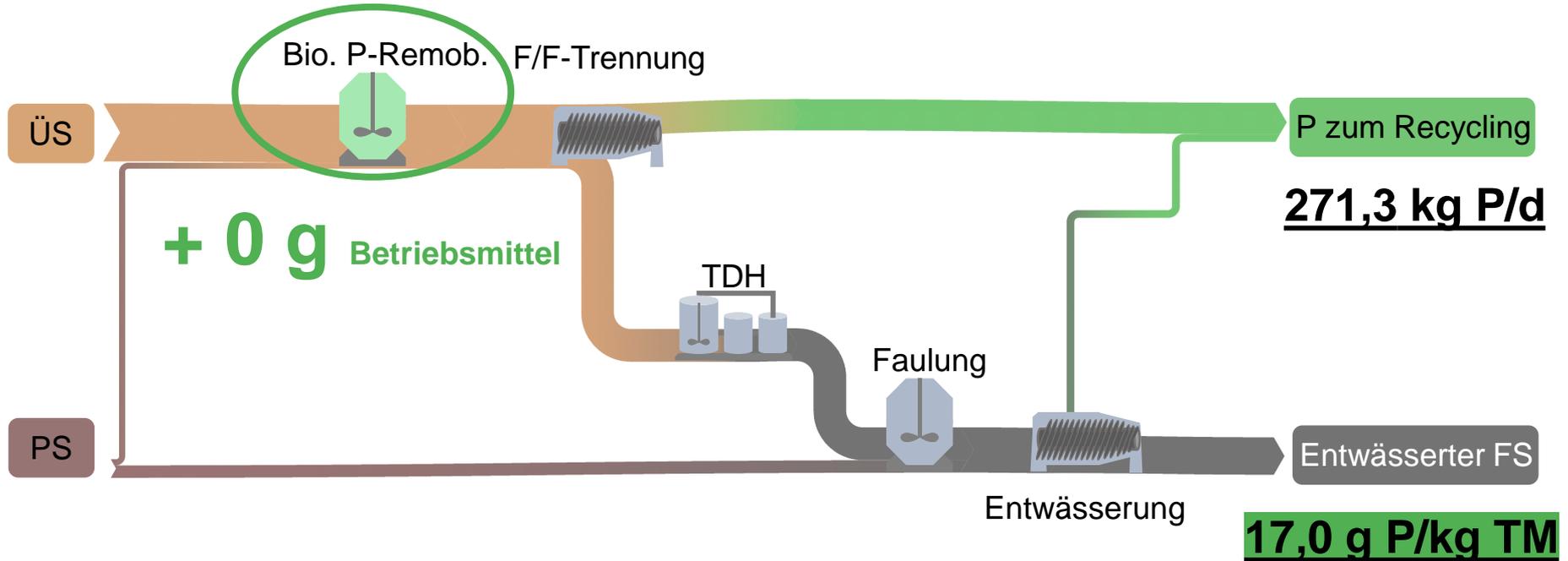
Bei 100% ÜS + ¼ Gesamt-PS: ~ 65%

Bei 100% ÜS + ⅓ Gesamt-PS: bis auf 70%

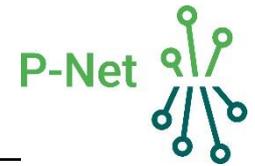
# Der Phosphor-Pfad in Braunschweig – ohne PECO



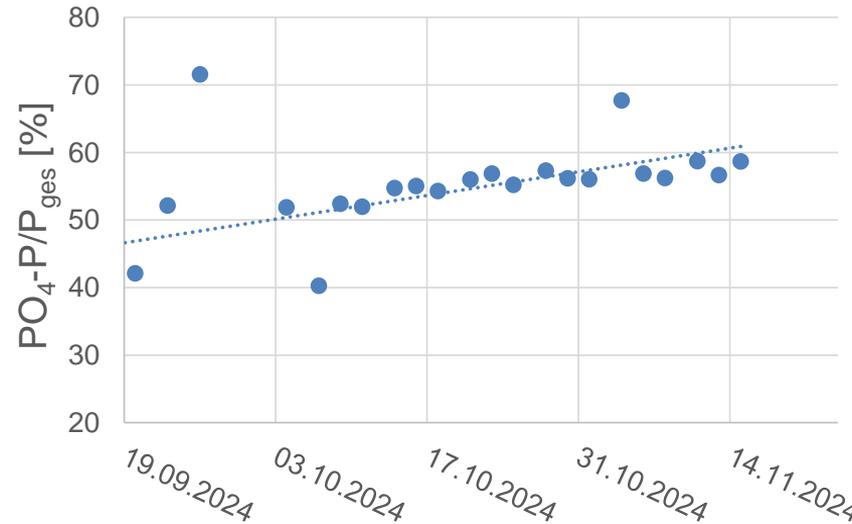
# Der Phosphor-Pfad in Braunschweig – mit PECO



# Das PECO-Verfahren in Gifhorn - Ergebnisse



Sehr stabile Remobilisierung trotz sinkenden Außentemperaturen und ohne Reaktorbeheizung!



T = 20°C  
pH = 5,4  
HRT = 5,5 d

Ohne PECO = 35,7 g P/ kg TM FS



Mit PECO = 18,5 g P/ kg TM FS

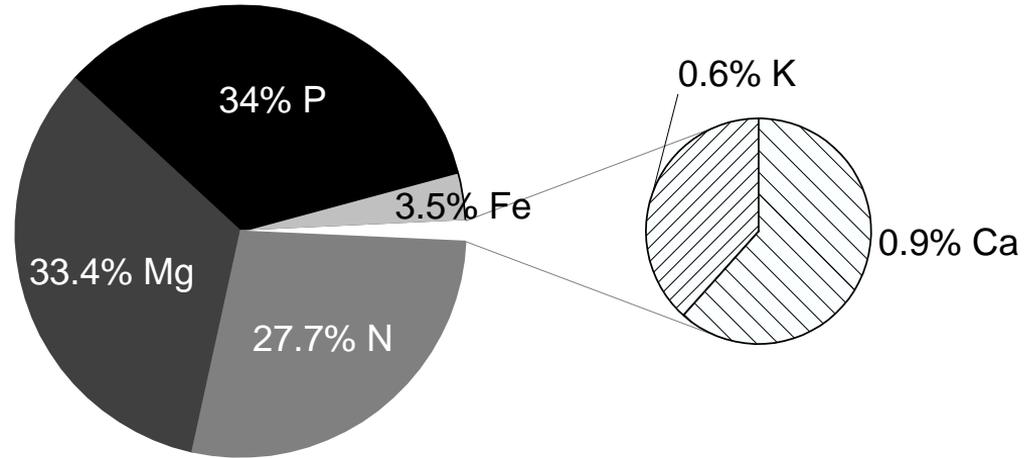
## Das PECO-Verfahren - Struvit



Thomas Dockhorn

Erfahrungen aus dem Projekt P-Net

Molare Zusammensetzung PECO-Struvit (ICP-OES)



## PECO

- **Keine** externen Betriebsmittel für die P-Remobilisation benötigt!
- Für die Struvit-Fällung  
 $\text{NaOH } 30\% = 0,03 - 0,05 \text{ l/kg TM } \ddot{U}\text{S}_{\text{Input}}$   
 $\text{MgCl}_2 \text{ } 30\% = 0,07 \text{ l/kg TM } \ddot{U}\text{S}_{\text{Input}}$
- Weitere Betriebsmittel  
Wärme (optional), Strom

## Ascheverfahren

- Pro Tonne Asche ein bis drei Tonnen Betriebsmittel
- Insbesondere mineralische Säuren  
 $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$   
und Laugen  
 $\text{NaOH}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- Weitere Betriebsmittel  
Wärme, Strom,  
Ionenaustauscherharze (optional)

# Fazit: Peco - The Ecology in Phosphorus Recycling®



**Biology  
First!**



**Chemistry  
Second!**



PECO = Für Bio-P & Fe-P

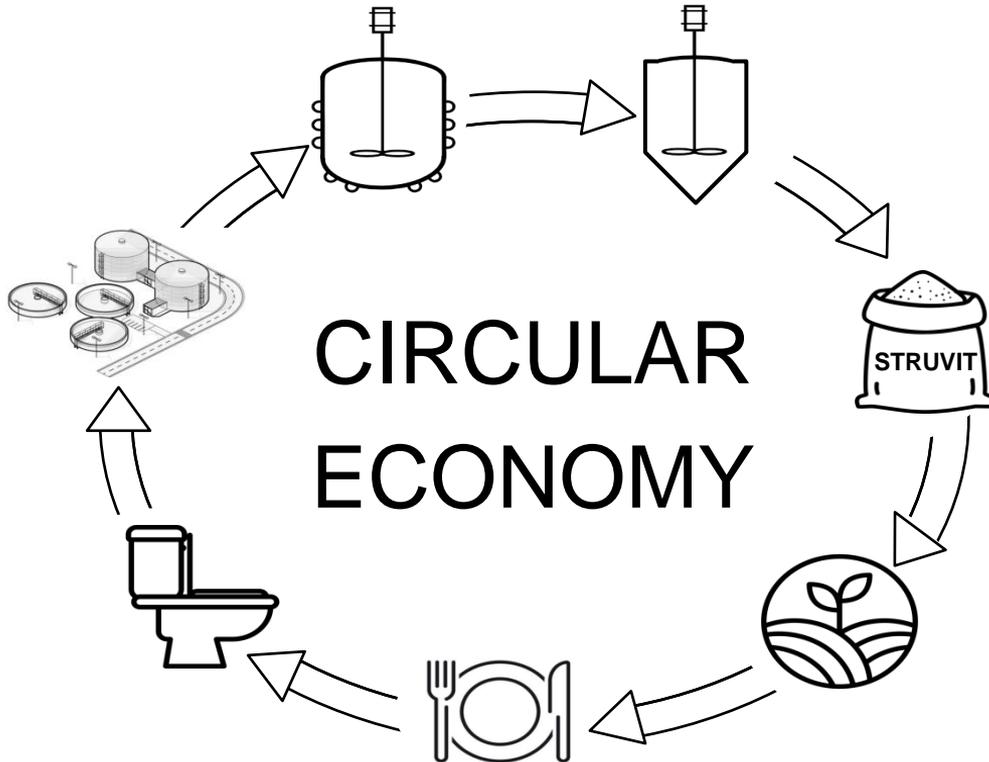
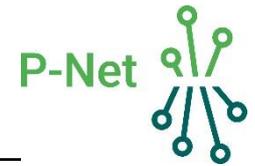
PECO = fast keine chemischen  
Betriebsmittel nötig

PECO = Kreislauforientiert &  
Ressourceneffizient

PECO = TRL 7-8

Die Struvit-Schiene stellt eine  
funktionierende Alternative  
zum P-Recycling aus  
KS-Asche dar!

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!



[www.p-net.tech](http://www.p-net.tech)

Prof. Dr.-Ing. Thomas Dockhorn  
Institut für Siedlungswasserwirtschaft  
TU Braunschweig  
Pockelsstr. 2a; 38106 Braunschweig  
t.dockhorn@tu-bs.de

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Forschung, Technologie  
und Raumfahrt

Das Verbundprojekt P-Net  
dankt dem BMFTR für die  
Förderung des Projektes.  
FKZN.: 02WPR1542A-H

  
REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING