

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

P-Net



Das PECO-Verfahren zum ressourceneffizienten Phosphorrecycling über die Struvit-Schiene

P-Net Abschlussveranstaltung

03. März 2026
Braunschweig

Prof. Dr. Thomas Dockhorn
Hooman Mohammadi
Andreas Kolb

Institut für Siedlungswasserwirtschaft
Technische Universität Braunschweig



Institut für Siedlungswasserwirtschaft



BS|ENERGY Gruppe



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Der P-Net Ansatz zum P-Recycling



Treiber:

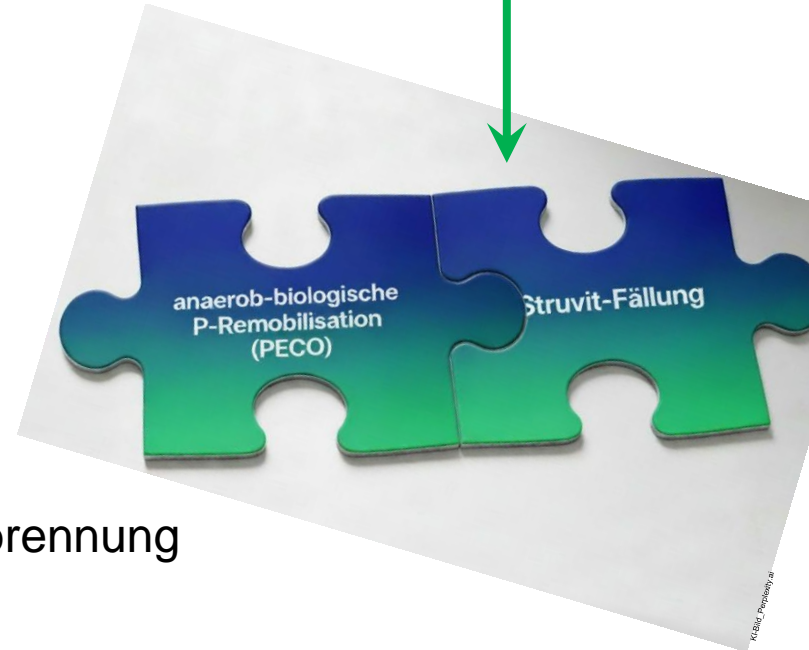
Novellierung
Klärschlammver-
ordnung 2017
(AbfKlärV)

Faulschlamm:

> 20 g P/ kg TM = Monoverbrennung

Faulschlamm:

< 20 g P/ kg TM = Mitverbrennung



Das PECO-Verfahren im P-Net

**Biology
First!**



**Anaerob-biologische
P-Remobilisierung**

*https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fimg2.cdnfront.net%2Fimage-transfer%2Fperue%2F2021%2F%2Fshutterstock_1542887527.jpg&ibnd=da8FYjyA7M&ve=12aHJKEwjl8R-P4_S2EA1veD9H#k2-D9wQMjyJegQIARBd_1&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.news-medical.net%2Ffile-science%2Fusing-microorganisms-to-treat-cancer.aspx&docid=4ZgK44uMjM&w=673&h=504&q=microorganisms&ved=2aHJKEwjl8R-P4_S2EA1veD9H#k2-D9wQMjyJegQIARBd

Struvit-Fällung

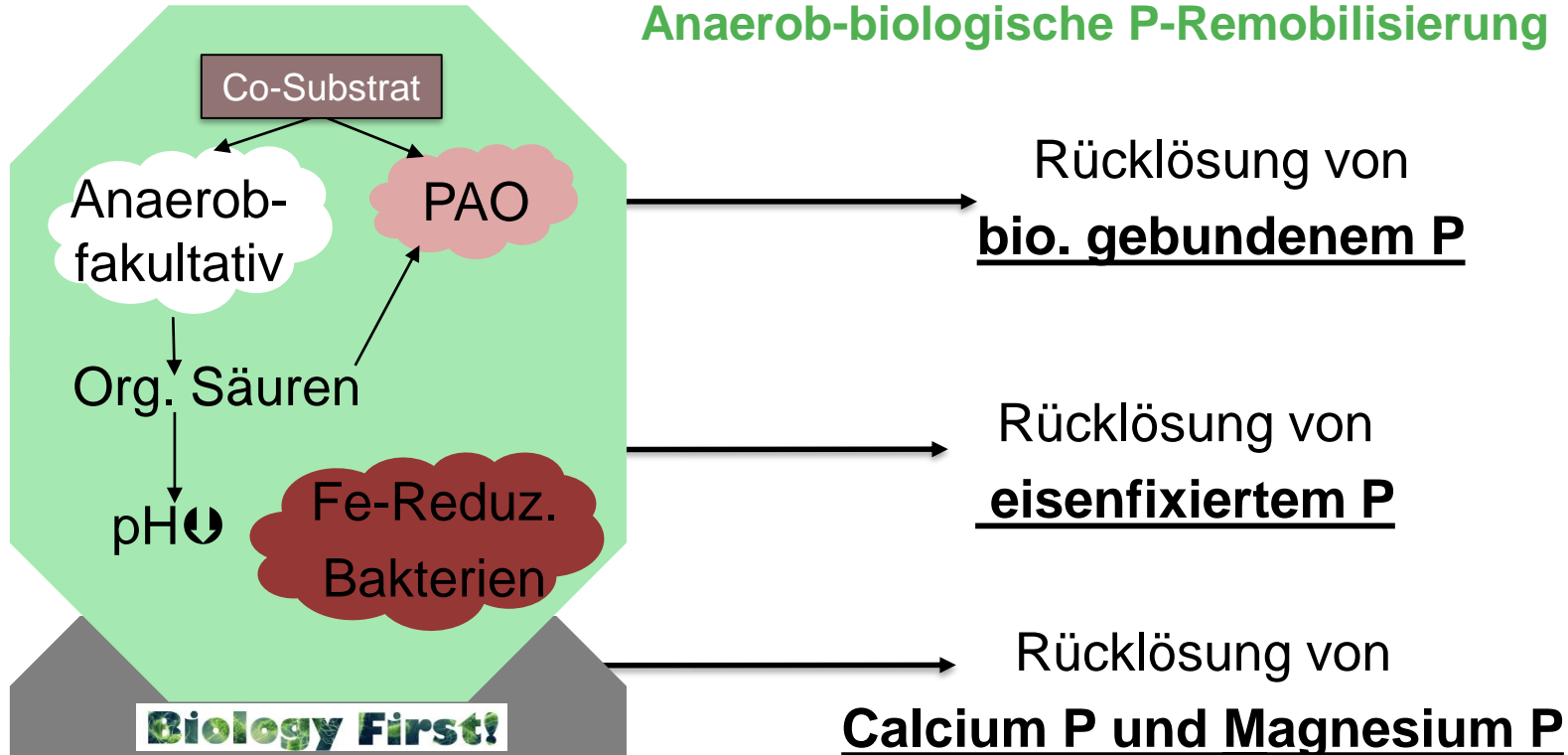


**Chemistry
Second!**

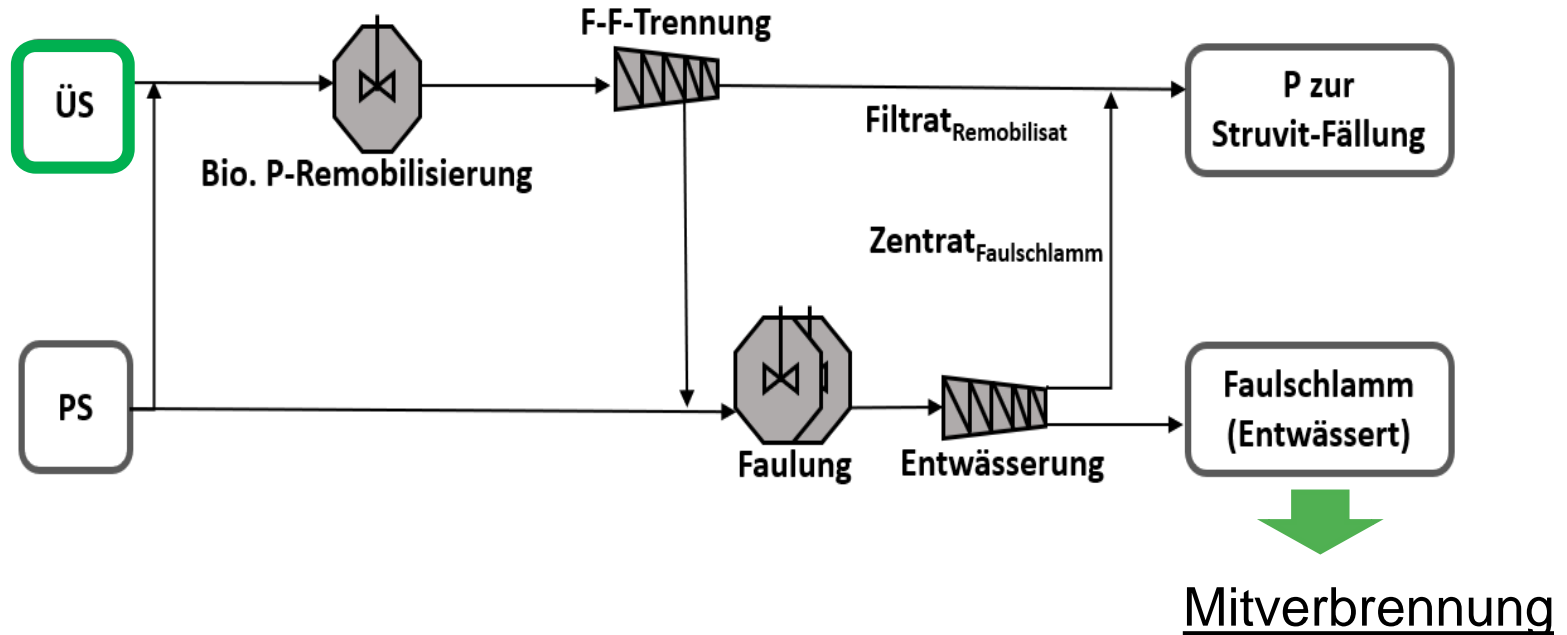
*https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.sciencedirect.com%2Fw-science%2Fuploads%2F2023%2F1%2Felemental-feat-image.jpg&ibnd=NCuu8f0yGWM&ve=10CD8QMjyNAmoXCMjyKvY&ve=AMVAAAAAB0AAAAAEAU_1&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.sciencedirect.com%2Fsegment%2Ffive-elements-of-life-elemental%2F&docid=8A2C2D8rC5Y1YMs-w-1800&w=1200&q=chemistry%2Fpic%2Fgreen&ved=0CD8QMjyNAmoXCMjyKvY&ve=AMVAAAAAB0AAAAAEAU

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 Betrieb in 2023/ 2024/ 2025

Kläranlage Gifhorn



- 65.000 EGW
- **Eisenfällung zur P-Elimination**
- Improvisierte Struvit-Fällung aufgebaut
- Großtechnischer Betrieb in 2024

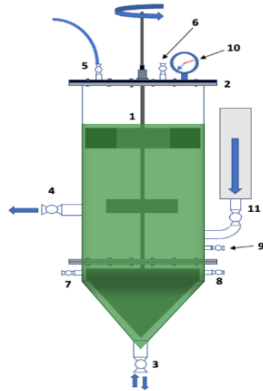
Das PECO-Verfahren in Braunschweig

2005 2012 2020 Nov. 2022 Nov. 2023

T.Dockhorn T. Esemen



Labor
1 L



Technikum
40 L



Upscaling
1.000 m³



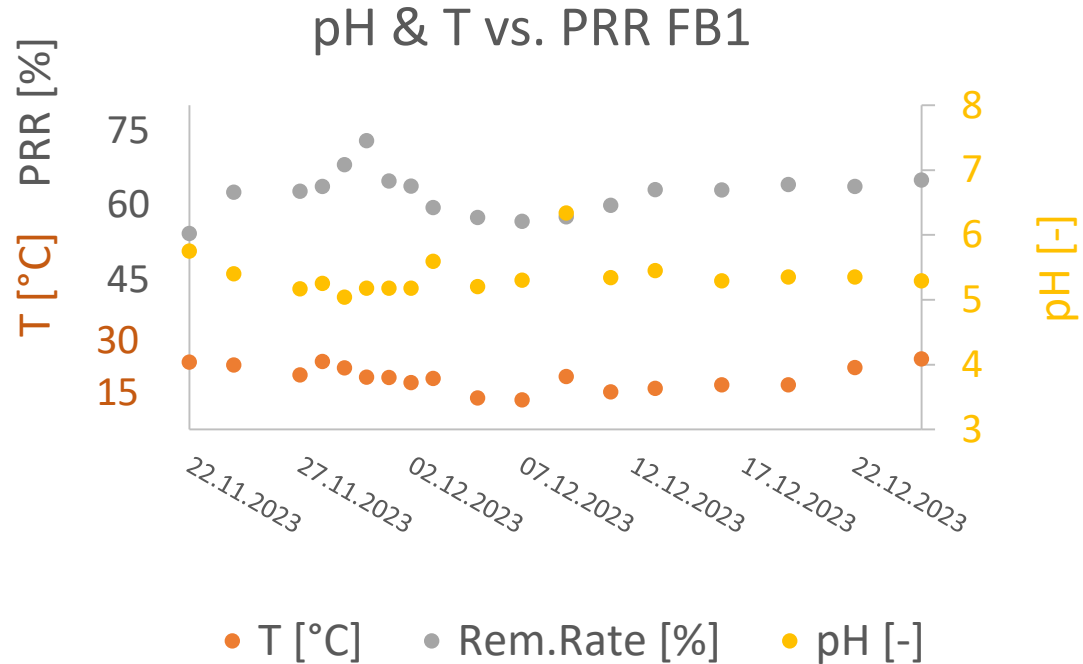
Full-Scale
2.100 m³

Das PECO-Verfahren in Braunschweig - Ergebnisse

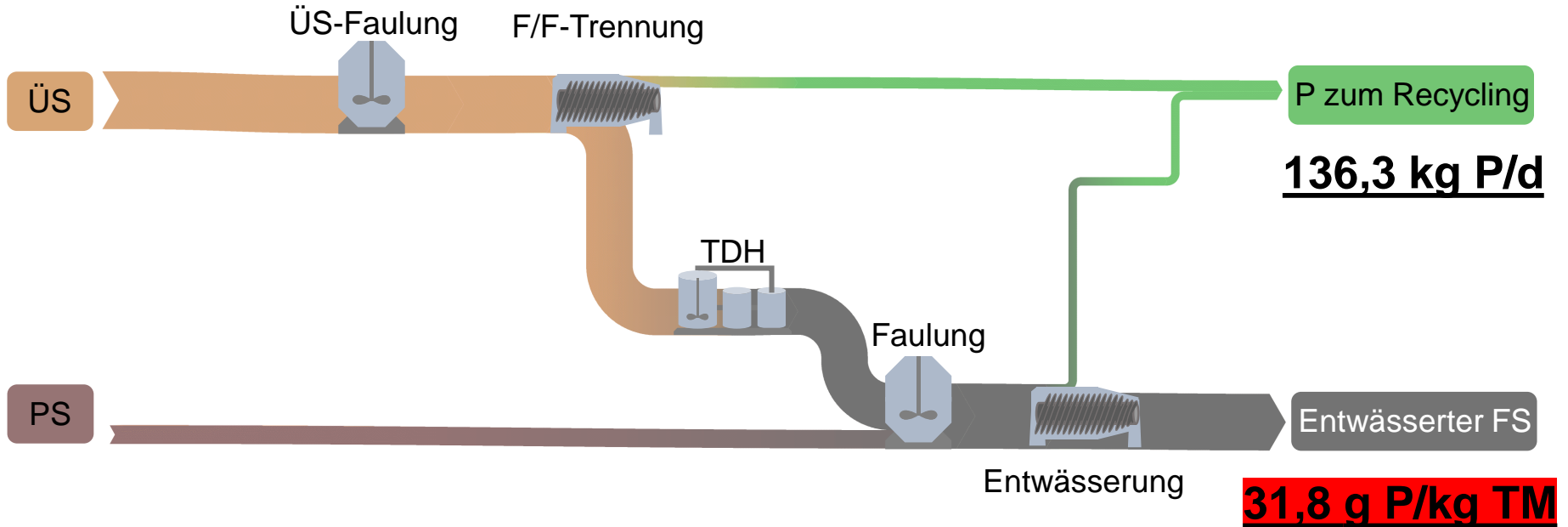


- ▶ $V = 2.100 \text{ m}^3$ ▶ $\text{HRT} \approx 4,5 \text{ d}$
- ▶ $T \approx 20\text{-}30 \text{ }^\circ\text{C}$ ▶ $\text{pH} \approx 5,3$

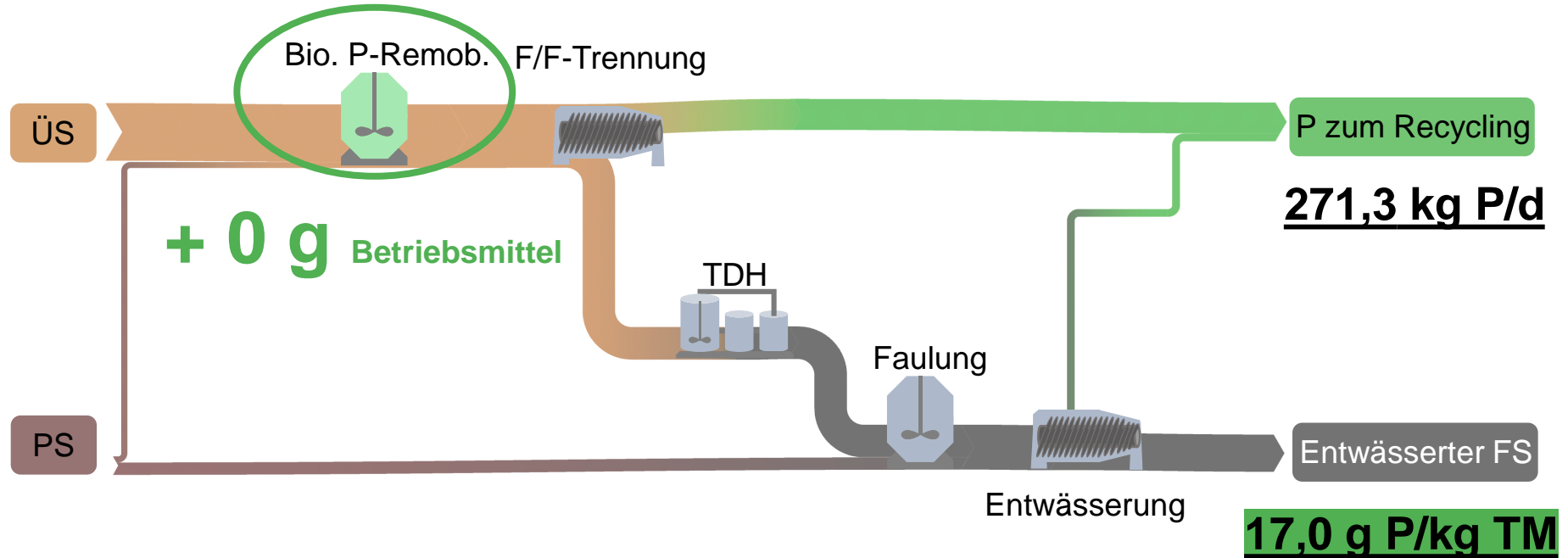
$\text{PO}_4\text{-P}/\text{P}_{\text{ges}} = 50 \text{ bis } 60\%$



Der Phosphor-Pfad in Braunschweig – ohne PECO



Der Phosphor-Pfad in Braunschweig – mit PECO



Das PECO-Verfahren in Gifhorn - Ergebnisse

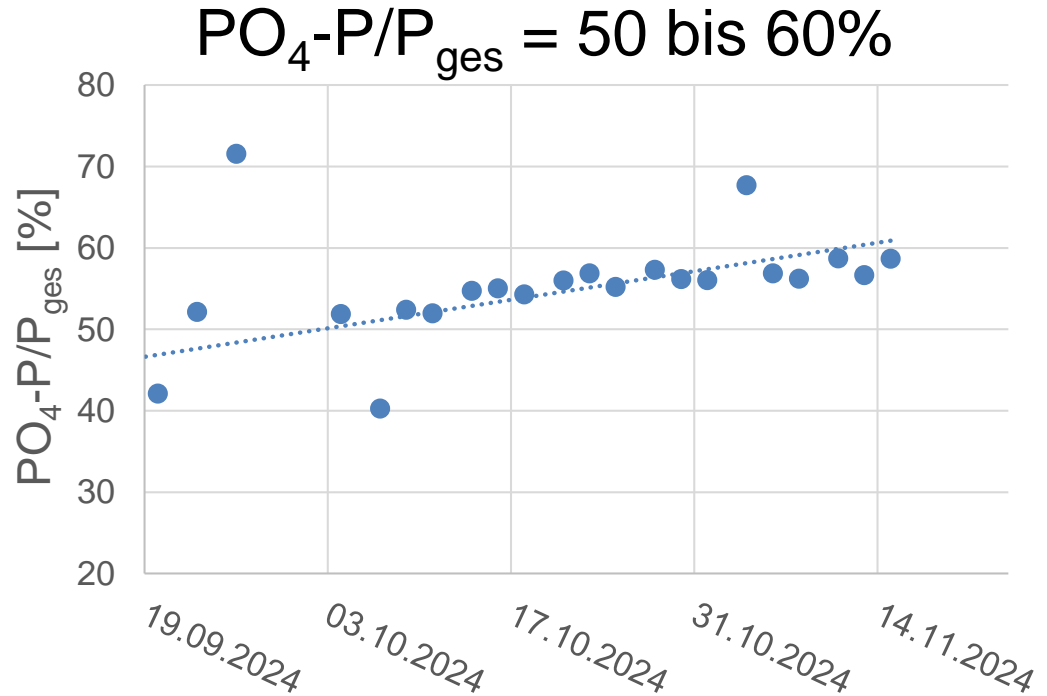


- ▶ $V = 2.000 \text{ m}^3$ ▶ $\text{HRT} = 5,5 \text{ d}$
- ▶ $T \approx 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ▶ $\text{pH} = 5,4$

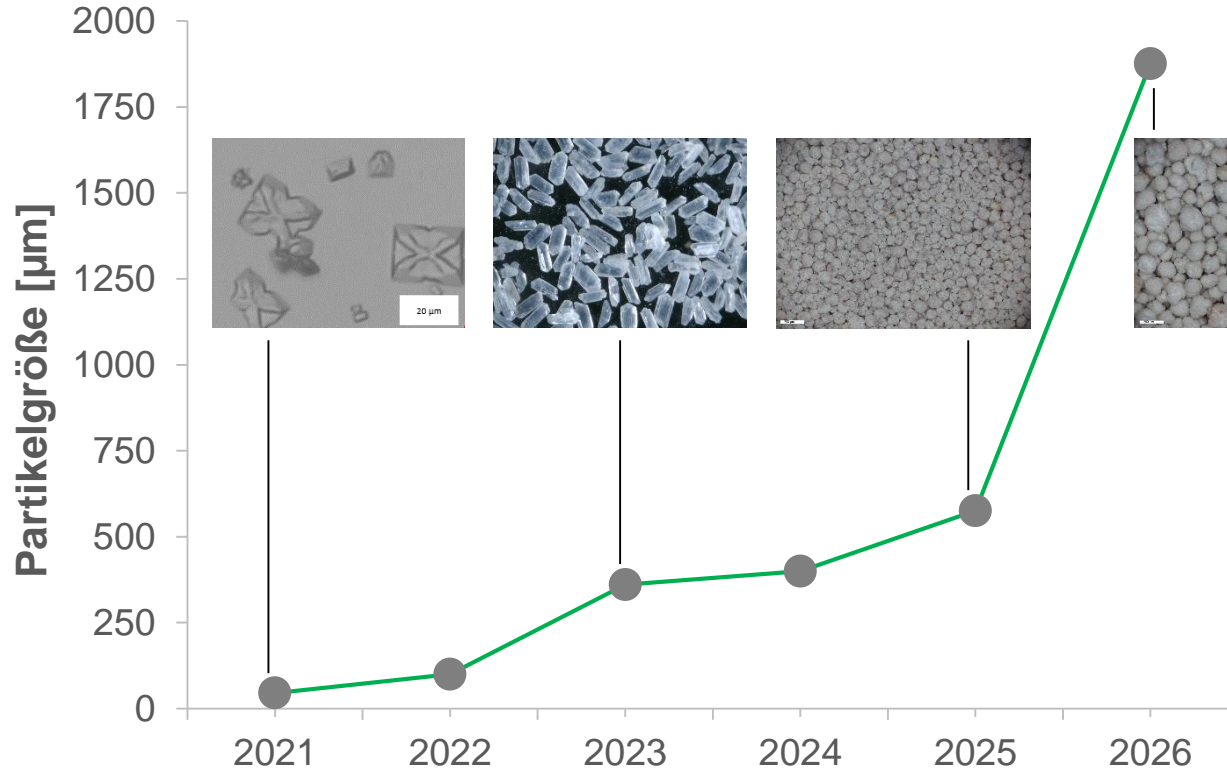
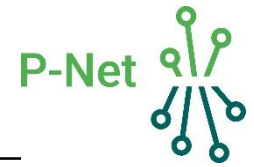
Ohne PECO = **35,7 g P/ kg TM FS**



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



Optimierung der Struvit-Fällung - Partikelgröße

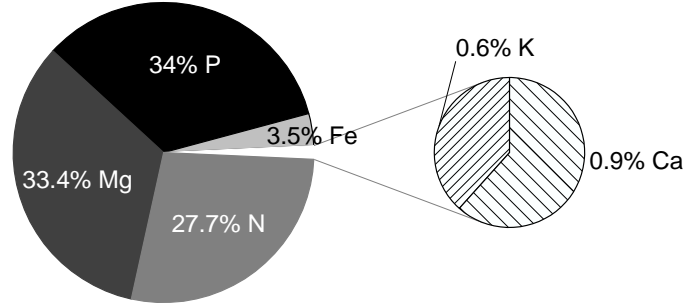


Im Rahmen von P-Net wurden Kenntnisse zur gezielten Gestaltung von Partikelgröße und Kristall-Morphologie erlangt

Das PECO-Verfahren – Struvit-Qualität



Molare Zusammensetzung PECO-Struvit (ICP-OES)



Schwer-metall	P-Net Struvit*	SW DüMV
As	<1	20
Pb	<0,5	100
Cd	<0,1	1,5
Co	1,93	-
Cr _{ges}	4	300
Cu	1,22	20
Ni	1,59	40
Tl	<0,2	0,5
Zn	2,23	0,02

Angaben in (mg/kg TM)

SW: Schwellenwert d. Düngemittel-VO

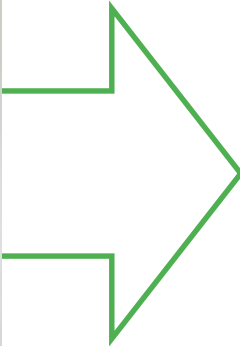
*Mittelwert

Optimierung der Struvit-Fällung – Betriebsmittel Magnesium

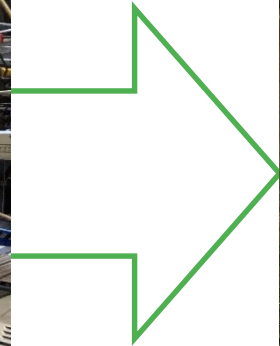
Produktionsnebenstrom bei der Kaligewinnung (K+S) = 25 - 30% $MgCl_2$ -Lösung



Labor



Großtechnischer Einsatz in Gifhorn



Struvit-Fällung ohne Probleme und mit gewohnter Qualität

Fazit – Das PECO-Verfahren im P-Net-Projekt

**Biology
First!**



**Chemistry
Second!**



PECO = TRL 7-8

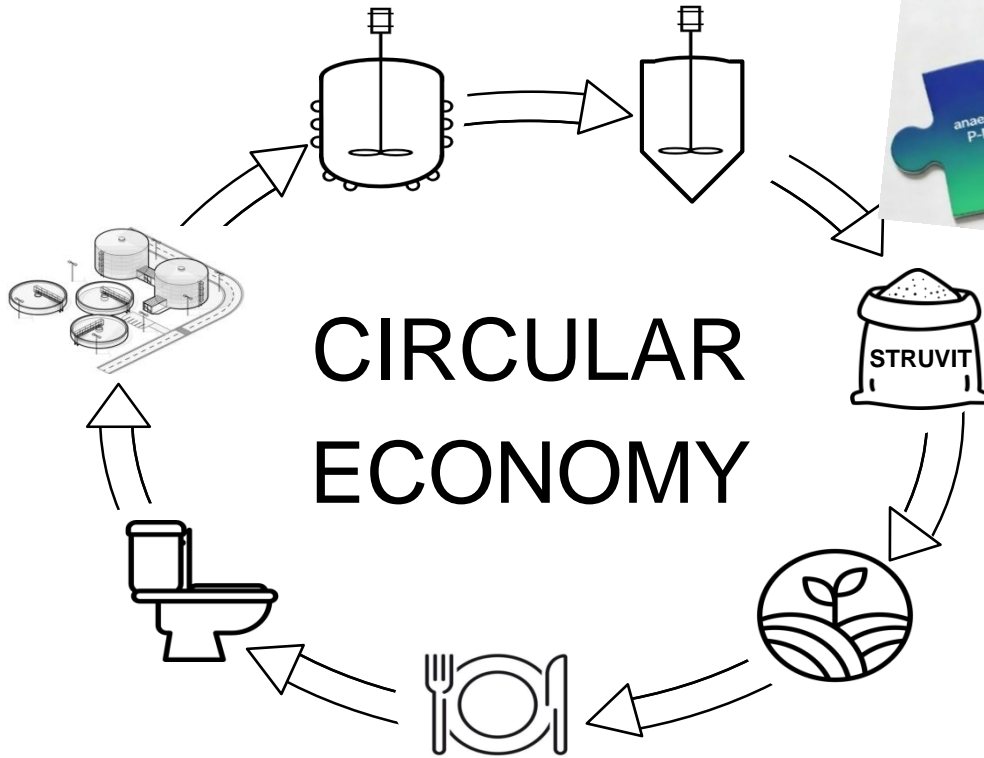
PECO = Für Bio-P & Fe-P

PECO = fast keine chemischen
Betriebsmittel nötig

PECO = Kreislauforientiert &
Ressourceneffizient

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

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!



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

