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

P-Net

Beitrag des Projektes P-Net zur Ertüchtigung der Struvit-Schiene zum Phosphor-Recycling

57. ESSENER TAGUNG für Wasserwirtschaft

Essen, 8. März 2024

Prof. Dr. Thomas 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 Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen Federal Research Centre for Cultivated Plants

PFI

ASG

SOEPENBERG since 1954

RePhoR REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING

FONA Forschung für Nachhaltigkeit

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Forschungsprojekt P-Net

Aufbau eines Netzwerks zum ressourceneffizienten Phosphor-Recycling und -Management in der Region Harz und Heide

Bearbeitung der Probleme und offenen Fragestellungen der Struvit-Schiene

Umwandlung des durch die Novellierung gesetzten Impulses in einen Treiber

Partner und APs

Verbundpartner

Arbeitspakete

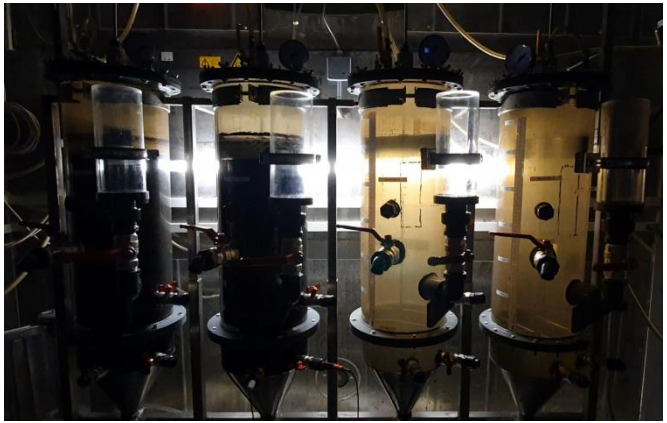
- AP 1 Stoffstrombehandlung
- AP 2 Produkte und Märkte
- AP 3 Institutionen und Akteure
- AP 4 Verallgemeinerung
- AP 5 Koordination und Projektmanagement

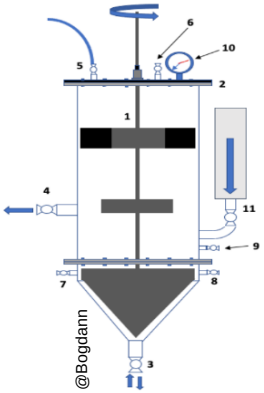
AP1: Bio. P-Remobilsierung

Wie erreichen wir eine hohe P-Remobilisierungsrate (im ÜS)?

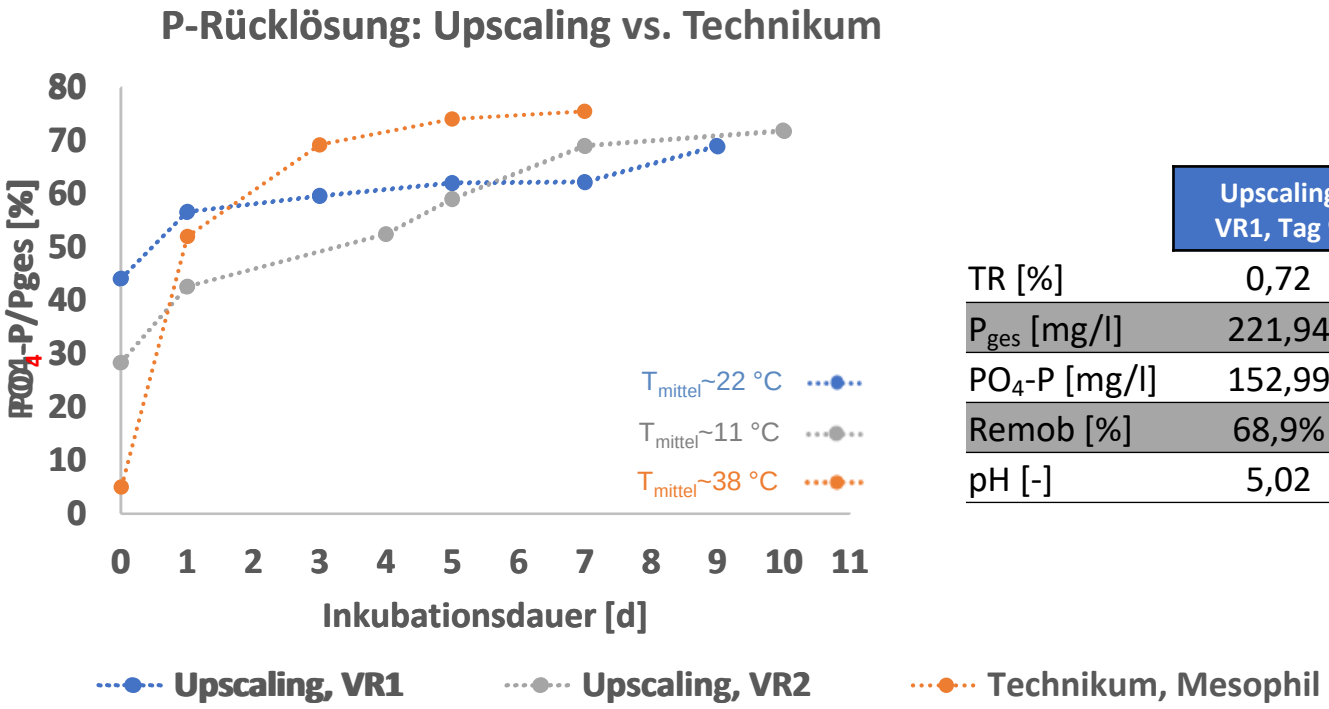
Hohe Remobilisierungsraten (bis 70%)

- 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
TR [%]	0,72	0,85
P_{ges} [mg/l]	221,94	215,74
PO_4-P [mg/l]	152,99	154,91
Remob [%]	68,9%	71,8%
pH [-]	5,02	5,67

Ergebnisse Full-Scale Klärwerk Steinhof (Braunschweig)

- V = 2100 m3
- T ≈ 20-30 °C
- HRT ≈ 4,5 d
- Kont. Betrieb (seit 15.12.2023)

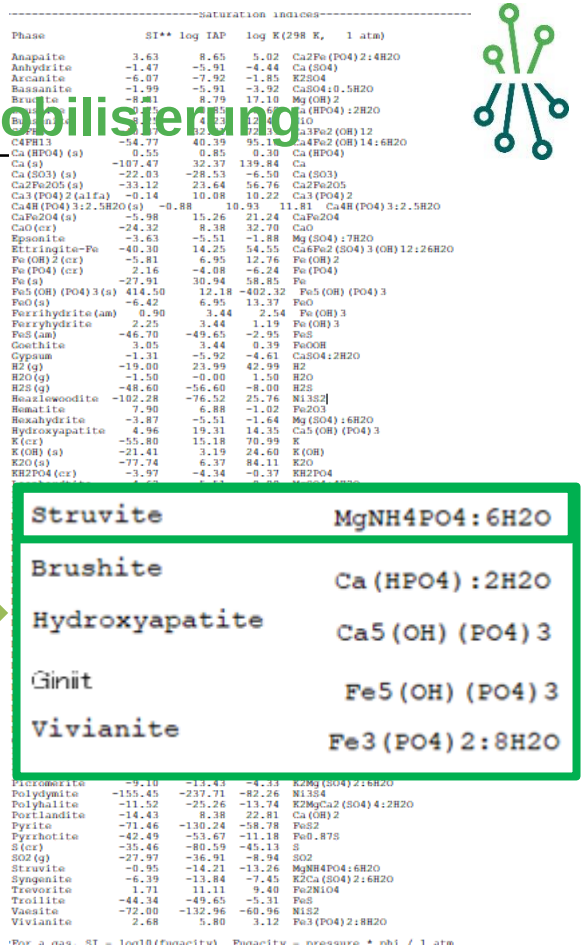
Höhe P-Remobilisierungsraten

- Bei 100% ÜS + ¼ Gesamt-PS: stabile 65%
- Bei 100% ÜS + ⅓ Gesamt-PS: bis auf 70%

Struvit-Fällung nach der biologischen P-Remobilisierung

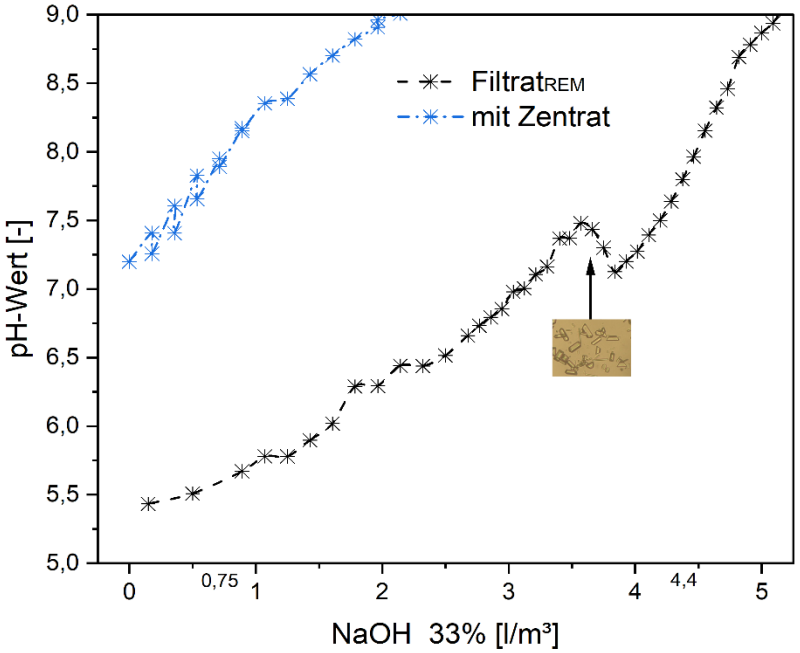
Zusammensetzung Filtrat$_{REM}$
großtechnische Remobilisierung KWS 2023

pH-Wert	5,4	-
Parameter	**Konzentration [mg/l]**	**Molares Verhältnis zu P**
P	518	1
Mg	173	0,43
NH_4	601	2
Ca	326	0,48
K	252	0,39
Na	115	0,3
Fe	74	0,08



PHREEQC 3.7.0 + modified sit-database

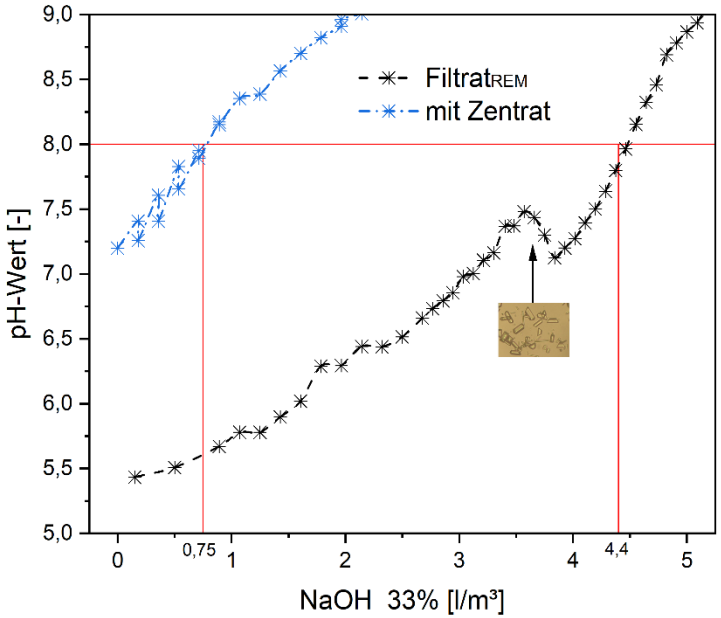
Struvit-Fällung nach der biologischen P-Remobilisierung



Titration:

1. $Filtrat_{REM}$ = 100%
2. $Filtrat_{REM}$ 40% mit $Zentrat_{FS}$ 60%

Struvit-Fällung nach der biologischen P-Remobilisierung



Titration:

1. $Filtrat_{REM}$ = 100%
2. $Filtrat_{REM}$ 40% mit $Zentrat_{FS}$ 60%

⇨ Reduktion des Laugenbedarfs um 83%

Düngewirkung von Struvit im Gefäßversuch

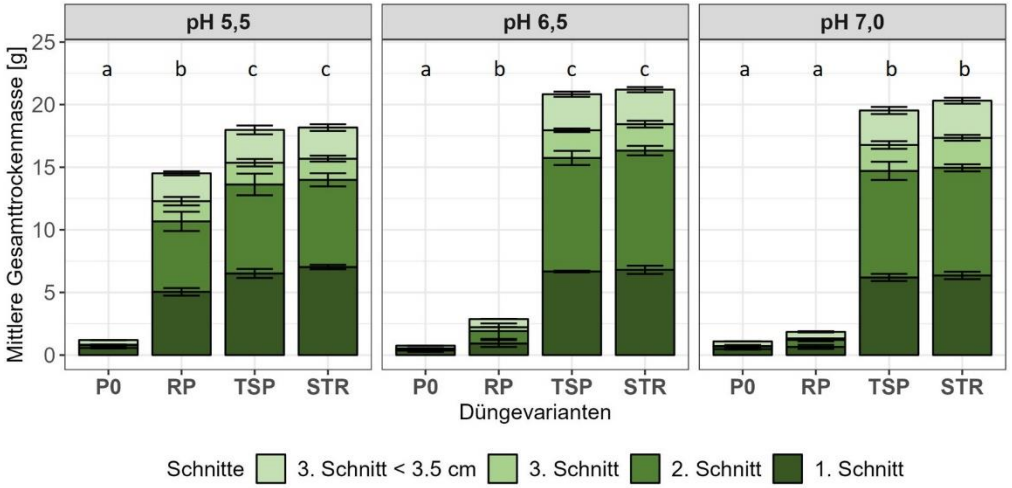


Abbildung 1: Mittlerer Gesamttrockenmasseertrag (4 Wiederholungen, 3 Schnitte) der oberirdischen Biomasse von Weidelgras mit verschiedenen P-Düngern (P0: ohne P, RP, TSP, STR) bei unterschiedlichen pH-Werten im Gefäßversuch. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten bei $p < 0{,}05$ nach einfaktorieller ANOVA mit Tukey post hoc Test (separater Test für jedes Versuchsdesign, bezogen auf den Gesamttrockenmasseertrag aller Ernten); Fehlerbalken geben die Standardabweichung der jeweiligen Ernte an.

Versuch:

- Untersuchung der Düngewirkung von Struvit (STR) im Vergleich zu einem schwer löslichen, weicherdigen Rohphosphat (RP) und einem voll wasserlöslichen Triplesuperphosphat (TSP)
- Nutzung eines „bodengleichen“, nährstoffarmen und leicht reproduzierbaren Substrats aus Quarzsand, Bentonit und Schwarztorf, mit standardisiertem Versuchsdesign

Ergebnisse:

- **Unabhängig vom pH-Wert** führte eine Düngung mit STR zu **vergleichbaren Trockenmasseerträgen** wie eine Düngung mit TSP
- Die Trockenmasseerträge bei einer RP-Düngung nahmen mit steigende pH-Wert deutlich ab

Abbildung 2: Biomasse von Weidelgras zur 3. Ernte bei pH 6,5

Düngewirkung von Struvit in On-Farm-Versuchen

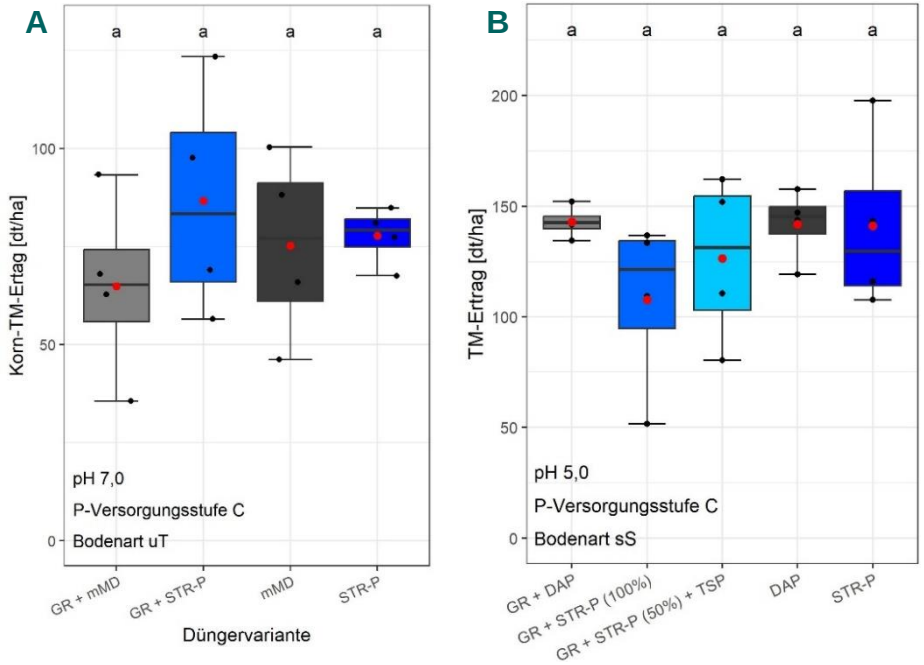


Abbildung 3: A: Korntrockenmasseertrag [dt/ha] zur Ernte auf VF 3 (Körnermais); **B:** Trockenmasseertrag [dt/ha] der Gesamtpflanze zur Ernte auf VF 4 (Silomais); Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten bei $p < 0{,}05$ nach einfaktorieller ANOVA mit Tukey post hoc Test**; Hinweis: Die dargestellten Erträge sind hochgerechnete Parzellenerträge und damit Optimalerträge.** GR: Gärrest, mMD: mineralischer Mischdünger, STR-P: Struvit-Pellet, DAP: Diammonphosphat, TSP: Triplesuperphosphat

Versuche:

- Einsatz von Struvitdüngern auf 11 betriebsüblich bewirtschafteten Flächen
- 4 verschiedene Kulturen (Körnermais, Silomais, Stärkekartoffeln, Speisekartoffeln)
- Ausbringung mit betriebseigener Technik der jeweiligen Landwirte (Unterfußdüngung oder Schleuderstreuer)
- Vergleich mit betriebsüblichen mineralischen, gut wasserlöslichen P-(Misch-)Düngern

Ergebnisse:

- Böden bereits gut mit P versorgt → Erhaltungsdüngung
- Keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten
- Große Streuung innerhalb der Varianten
- **Ausbringung** mit betriebseigener Technik hat meist **gut funktioniert**
- Kurzfristig kein unterschiedlicher Düngeeffekt der Varianten zu erwarten, aber: Düngung mit STR ist offenbar **genauso gut für Erhaltung eines guten Versorgungszustandes geeignet** wie wasserlösliche Handelsdünger.

Annahme von Struvit von verschiedenen Anlagen im Struvit-Hub

- Variabilität von angeliefertem Struvit ist groß:
  - Zeitliche Variabilität
  - Variabilität von Anlage zu Anlage

- Variabilität:
  - Korngröße
  - Viskosität
  - Farbe (bedingt durch geringe Eisenmengen)

Produktion Von Pellets und Granulaten

- Aus Vormischungen verschiedener Struvite wurden Dünger hergestellt:
  - Pellets mit 4 – 6 mm
  - Granulate 1- 4 mm
  - Mikrogranulate: 0,6 -1,7 mm

- Struvitdünger ist als Unterfußdünger geeignet.

Vermarktung

- Konkurrenzprodukte:
  - konv. Landwirtschaft: DAP
  - Ökolandbau: Rohphosphat
- Wichtige Produkteigenschaften: hohe Reinheit, Ausbringbarkeit, Wirksamkeit, akzeptabler Preis
- Stabile Vermarktung braucht stabile Grundabsatzmenge.

Rechtlicher Rahmen für die Inverkehrbringung ist gegeben!

Schlüsselakteure für Struvitnetzwerke

P-Net

1. **KA-Betreiber** produziert Ausgangsmaterial (Rohstruvit) und stellt es zur Verfügung oder wird selber zum Düngemittelhersteller
2. **Düngermischer** übernimmt Homogenisierung, Vertrieb, Marketing, landwirtschaftliche Beratung
3. **Düngemittelhersteller** betreibt z.B. regionale Nährstoffhubs, deckt Aufgaben des Düngermischers ab, stellt Struvitdünger her
4. **Handelsunternehmen** vertreibt Struvitdünger des Herstellers
5. **Weitere**: landwirtschaftliche Berater (auch Landwirtschaftskammern), Klärschlammnetzwerke, notifizierende Stelle

Identifizierte institutionelle Arrangements für Struvitnetzwerke

P-Net

Wasserseitig geführt:

- Direktvermarktung der Kläranlagenbetreiber über etablierte Klärschlammnetzwerke und Berater im Bereich der Klärschlammverwertung
- Zusammenschluss von Kläranlagenbetreibern als Special Purpose Companies wahlweise mit Nährstoffhub

Landwirtschaftlich geführt:

- Düngermischer übernimmt Sammlung, Aufarbeitung und Vertrieb des Struvitdüngers
- Düngemittelhersteller verantworten die Produktion und den Vertrieb in regionalen Nährstoffhubs
- (Broker kauft das Struvit von KA an und verkauft es weiter an Düngemittelherteller)

FAZIT

- Kombination aus anaerob-biologischer P-Remobilisierung und Struvit-Fällung: betriebsmittelarme und attraktive Verfahrensalternative zur P-Rückgewinnung
- Untersuchungen zur agronomischen Bewertung: Struvit ist gleichwertig mit konventionellen P-Düngern.
- Für erfolgreiche Vermarktung des Struvitdüngers: Stabile Grundabsatzmenge erforderlich
- Die verschiedenen hergestellten Struvit-Dünger: Geeignet als Unterfußdünger
- Rechtlicher Rahmen für die Inverkehrbringung von Struvit: Gegeben

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

P-Net

www.p-net.tech

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

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Technische Universität Braunschweig · ISW Institut für Siedlungswasserwirtschaft · Institut für sozial-ökologische Forschung · Abwasserverband Braunschweig · SE|BS BS|ENERGY Gruppe · SOEPENBERG since 1954 · JKI Julius Kühn-Institut · ASG · PFI · RePhoR REGIONALES PHOSPHOR-RECYCLING