

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



Agronomische Bewertung von Struvit

Ein Recyclingdünger mit Potenzial für die
Landwirtschaft

Paul Keßeler & Dr. Sylvia Kratz

Julius Kühn-Institut (JKI)

Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde

Braunschweig



Methodische Ansätze zur Untersuchung der agronomischen Effizienz von Struvit



Laboranalysen



ab 2021

Gefäßversuch



2021

Mesokosmen-
Versuch



2023-2025

Exakt-
Feldversuch



2022-2025

On-Farm-
Versuche



2022/2023

kontrollierte Bedingungen

praxisnahe Bedingungen

erstellt mit <https://BioRender.com>

- Struvit ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$)

5,7 % N

12,6 % P (28,9 % P_2O_5)

9,9 % Mg (16,4 % MgO)



- P-Löslichkeit und Pflanzenverfügbarkeit

- ▶ < 2 % wasserlöslich
- ▶ > 80 % NAC-löslich
- ▶ Sehr gute Pflanzenverfügbarkeit in zahlreichen Gefäßversuchen belegt

- Reinheit

- ▶ Sehr geringe Schwermetallgehalte (deutlich unter gesetzlichen Grenzwerten)
- ▶ Organische Kontaminanten kaum nachweisbar

- **Zeitpunkt:** Herbst & Frühjahr
Einschränkungen im Herbst (DüV):

- nur zulässig (da > 1,5 % N) bei:
 - Winterraps
 - Wintergerste nach Getreidevorfrucht
 - Feldfutter
 - Zwischenfrüchten
- max. 30 kg $\text{NH}_4\text{-N}$
 - ≙ max. 600 kg Struvit ($\approx 126 \text{ kg P}_2\text{O}_5$)

- **Wichtig:**

Nicht wasserlöslich → Einarbeitung erforderlich

- **Ausbringungstechnik**

- Streuer + Einarbeitung
- Unterfußdüngung

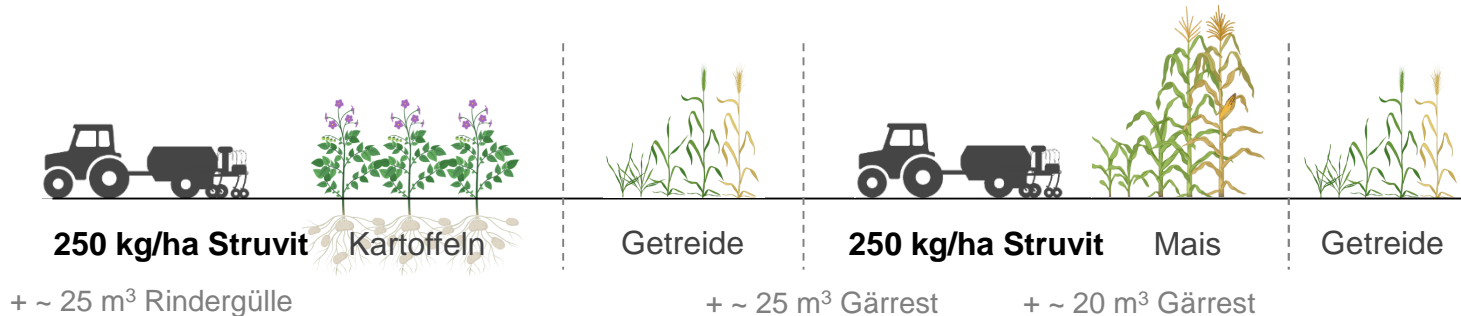
Struvit

Ausbringung in der Fruchtfolge: zwei Praxisbeispiele



Bedarfsdeckung der Fruchtfolge:

N:	8 %
P ₂ O ₅ :	100 %
MgO:	140 %



erstellt mit <https://BioRender.com>

On-Farm-Versuche 2022





On-Farm-Versuche 2022

Aufbau & Ablauf



Flächen

11 Praxisflächen (konv. & ökol.)
verschiedenste Bodenarten
pH 5,0 – 7,2
P-GHK \geq B



Ablauf

1-jährige Versuche
Unterfußdüngung zur Aussaat
Ernte zur Ertragsreife



Kulturen

Mais
Kartoffeln



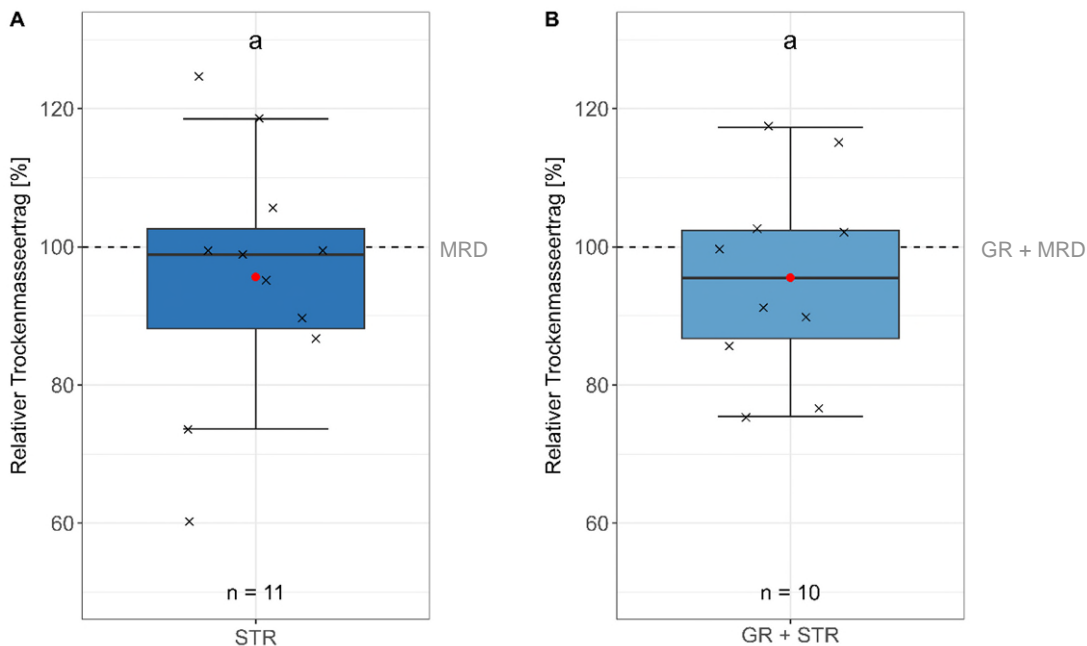
Dünger

Struvit vs. betriebsüblicher mineralischer P-Dünger
Oder jeweils in Kombination mit Gärrest



On-Farm-Versuche

Relativer Trockenmasseertrag von Struvit (Mittel aus mehreren On-Farm-Versuchen) im Vergleich zur betriebsüblichen P-Düngung (= 100 %)



Relativer Trockenmasseertrag [%] zur Ernte in den On-Farm-Versuchen 2022 im Mittel über 11 bzw. 10 Flächen; **A**: Vergleich zwischen Struvit (STR) und den mineralischen Referenzdüngern (MRD); **B**: Vergleich zwischen Gärrest (GR) + STR und GR + MRD; Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten bei $p < 0,05$. Post-hoc-Vergleiche erfolgten mittels emmeans mit Holm-Adjustierung.



TM-Ertrag & P-Aufnahme:

(GR) + Struvit \triangleq MRF + (GR)

flächenunabhängig

Ausbringung mit Standardtechnik möglich

Optimierungspotenzial hinsichtlich Konfektionierung

Einordnung:

guter P-Status | Erhaltungsdüngung | nur 1 Versuchsjahr

Exakt-Feldversuch in Nettlingen 2022 - 2025





Flächen

1 Fläche (konv.)

uL, pH 7,1

P-GHK variiert kleinräumig A-C



Ablauf

Jährliche P-Düngung

Händische Ausbringung + maschinelle
Einarbeitung

Ernte zur Ertragsreife



Kulturen

Winterweizen

Winterraps

Wintergerste

Zuckerrüben



Düngung

Kontrolle ohne P (P0)

Kontrolle ohne P und Mg (P0Mg0)

Struvit-Granulat (STR-G)

Struvit-Pellet (STR-P)

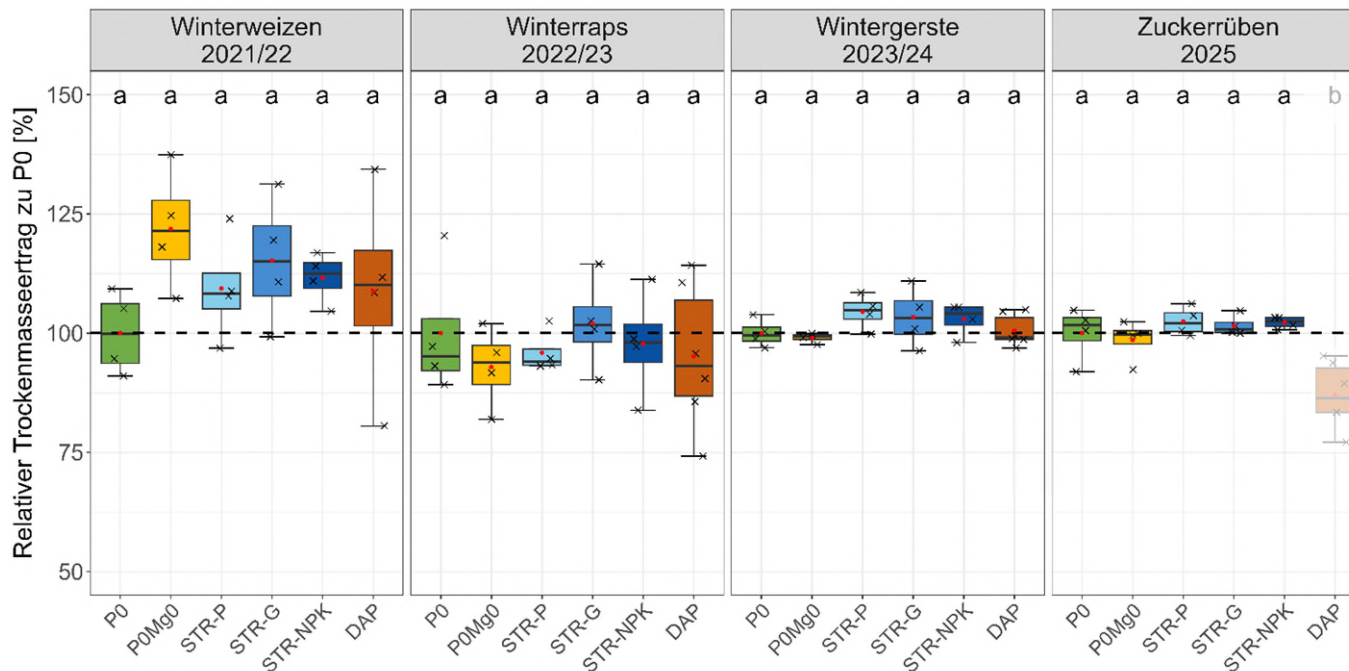
Struvit-NPK-Pellet (STR-NPK)

Diammonphosphat (ohne Mg) (DAP)



Exakt-Feldversuch

Trockenmasseertrag [%] relativ zum mittleren Ertrag der P0



Hinweis: Die DAP-Varianten lagen im angrenzenden Teilversuch und nicht vollständig randomisiert im Struvit-Versuch. Dadurch sind direkte Vergleiche mit der DAP-Variante nur eingeschränkt möglich.

Trockenmasseertrag [%] zu den jeweiligen Ernten im Exakt-Feldversuch in Nettlingen relativ zum Mittelwert von P0; P0: Kontrolle ohne P-Düngung, P0Mg0: Kontrolle ohne P- und Mg-Düngung, STR-P: Struvit-Pellet, STR-G: Struvit-Granulat, STR-NPK: Struvit-NPK-Pellet, DAP: Diammonphosphat; Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten bei $p < 0,05$. Post-hoc-Vergleiche erfolgten mittels emmeans mit Holm-Adjustierung.



TM-Ertrag & P-Aufnahme:

P0 \triangleq Struvit \triangleq DAP

kulturunabhängig

Einordnung:

ausreichend guter P-Status | Erhaltungsdüngung | heterogene Bodeneigenschaften | Achtung: eingeschränkte Vergleichbarkeit mit der DAP-Variante

Mesokosmenversuch 2023 - 2025





Mesokosmenversuch 2023-2025

Aufbau & Ablauf



Versuchsbedingungen

1000 L Container

P-armes Substrat (P-GHK A)

pH 6,5



Kulturen

Weidelgras

Mais

Grünschnittroggen

Kartoffeln



Ablauf

P-Düngung zu jeder Kultur

Händische Ausbringung

Einarbeitung bzw. Unterfußdüngung

Ernte zur Ertragsreife



Düngung

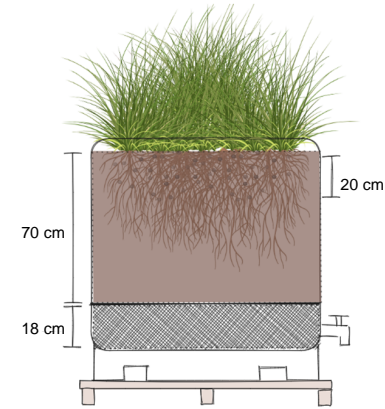
Kontrolle ohne P (P0)

Weicherdiges Rohphosphat-Granulat (sRP)

Struvit-Granulat (STR)

Diammonphosphat-Granulat (DAP)

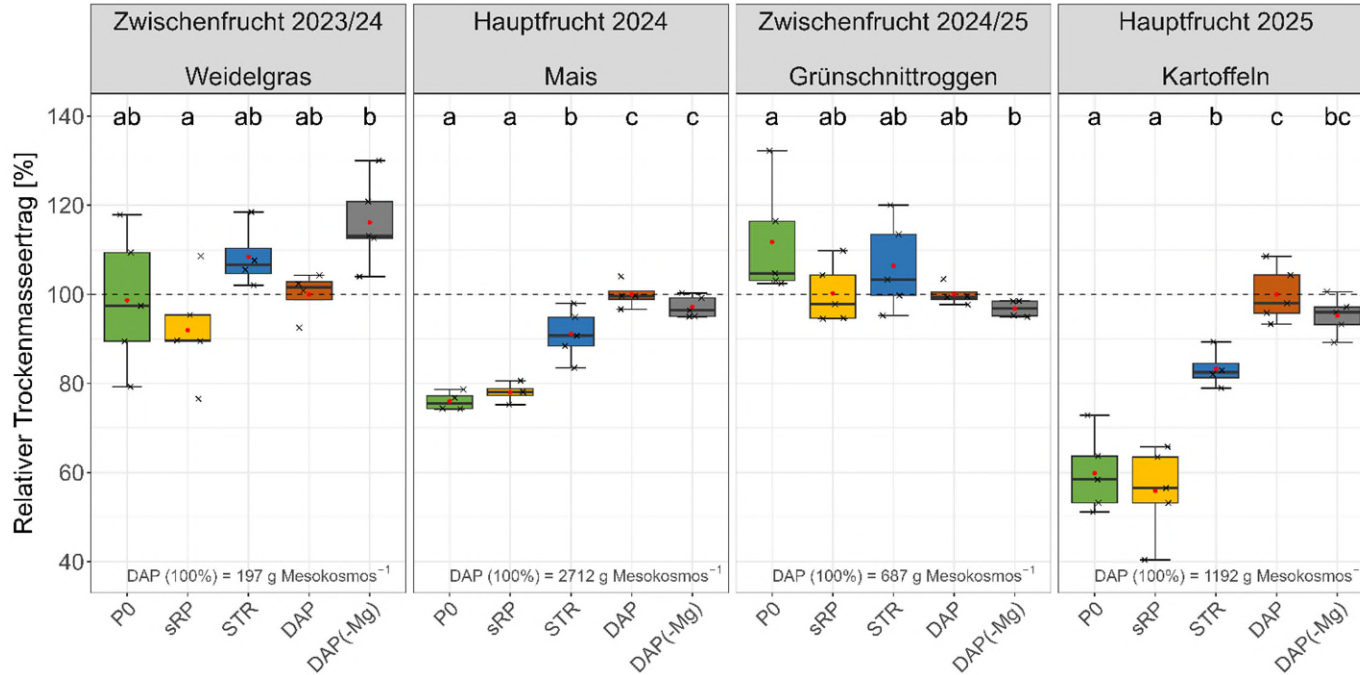
DAP ohne Mg (DAP(-Mg))





Mesokosmenversuch

Trockenmasseertrag [%] relativ zum mittleren Ertrag der DAP-Variante



Hinweis: Abweichend von bisherigen Auswertungen wurde der CAL-P-Gehalt der Vorkultur als Kovariate zur Modellierung des Vorkultureffekts berücksichtigt.

Trockenmasseertrag [%] zu den jeweiligen Ernten im Mesokosmenversuch relativ zum Mittelwert von DAP; Der Ertrag von Weidelgras ist die Summe aus drei Schnitten; P0: Kontrolle ohne P-Düngung, sRP: weicherdiges Rohphosphat-Granulat, STR: Struvit-Granulat; DAP: Diammonphosphat-Granulat, DAP(-Mg): DAP-Granulat ohne Mg-Düngung; Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten bei $p < 0,05$. Post-hoc-Vergleiche erfolgten mittels emmeans mit Holm-Adjustierung.



TM-Ertrag & P-Aufnahme:

Zwischenfrüchte: **$P_0 \triangleq \text{Struvit} \triangleq \text{DAP}$**

Hauptfrüchte: **$P_0 < \text{Struvit} < \text{DAP}$**

kulturabhängig

Einordnung:

Sehr geringe P-Versorgung, GHK-A | homogenes Substrat |

Einfluss von P-Bedarf und P-Aufnahmeeffizienz der Kulturen auf den Düngeeffekt

Struvit:

liefert 3 essenzielle Nährstoffe (N, P, Mg)

sehr reines Produkt

sehr schwermetallarm

nur geringste organische Restkontaminationen

zeigt trotz fehlender Wasserlöslichkeit in zahlreichen Gefäßversuchen ein hohes agronomisches Potenzial



1-jährige On-Farm-Versuche:

bei guter P-Versorgung der Fläche zur Erhaltungsdüngung geeignet
Ausbringung mit Standardtechnik möglich (Optimierungspotenzial)



4-jähriger Exakt-Feldversuch:

bei ausreichender P-Versorgung der Fläche zur Erhaltungsdüngung geeignet
auch über vier Jahre keine P-Aushagerungserscheinungen



2-jähriger Mesokosmenversuch:

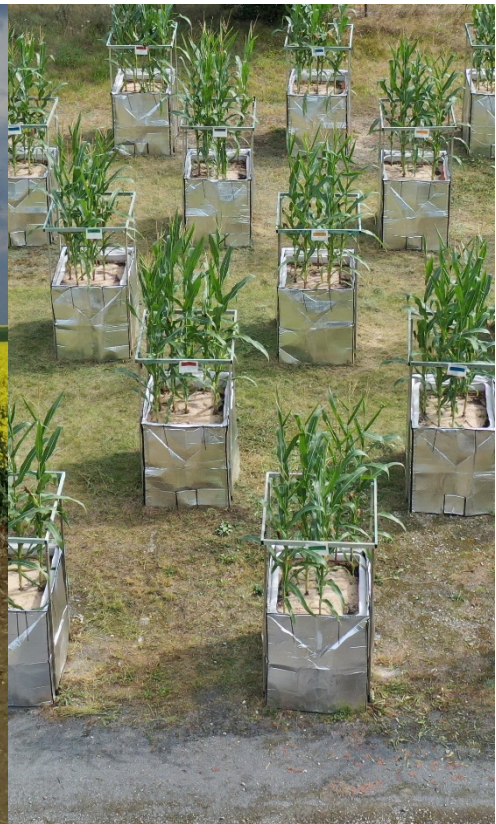
Unter P-armen Bedingungen zeigte Struvit bei P-bedürftigen Kulturen einen
signifikant höheren Düngeeffekt als weicherdiges Rohphosphat.

Die fehlende Wasserlöslichkeit von Struvit kann aber zu einer geringeren P-
Versorgung als DAP führen, die auch ertragsrelevant werden kann.





Vielen Dank für die Aufmerksamkeit



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



Projekt- und Praxispartner



Förderung

Gefördert durch:

