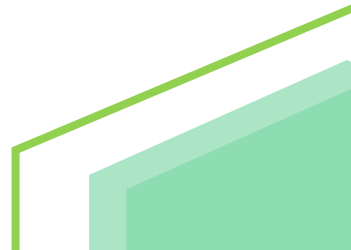




2	LOSUNGSANSATZ.....	3
3	P-RÜCKGEWINNUNG AUS ABWASSERN UND KLÄRSCHLAMM	4
4	ÖKO-P: PRAXISVERSUCHE IM ÖKOLANDBAU	6
	4.1 UNTERSUCHTE P-REZYKLETE.....	7
	4.2 ERGEBNISSE	8
	4.3 FAZIT	10
5	AUSBLICK	11



weise Ressourcen zu schonen und betriebsinterne Nährstoffkreisläufe zu stärken, doch insbesondere bei stark spezialisierten Betrieben verlassen mit dem Verkauf von Produkten mehr Nährstoffe den Betrieb als rückgeführt werden und es entstehen negative Nährstoffbilanzen. Insbesondere bei Phosphor (P) ist dies ein zunehmendes Problem.

Zeitgleich ist der Ökolandbau limitiert in seinen Möglichkeiten diese Defizite auszugleichen. Die P-Zufuhr ist hier im Wesentlichen auf Wirtschaftsdünger und weicherde Rohphosphate begrenzt. Letztere stehen aus verschiedenen Gründen zunehmend in der Kritik. Denn für die Phosphorversorgung der Böden ist die ökologische sowie konventionelle Landwirtschaft in Deutschland vollständig auf Rohphosphat-Importe aus dem EU-Ausland, insbesondere aus Marokko, Russland und Algerien, angewiesen. Mit Blick auf die aktuellen geopolitischen Entwicklungen ist diese Importabhängigkeit problematisch und eine konstante Verfügbarkeit dieses fossilen und somit endlichen Rohstoffs fraglich.

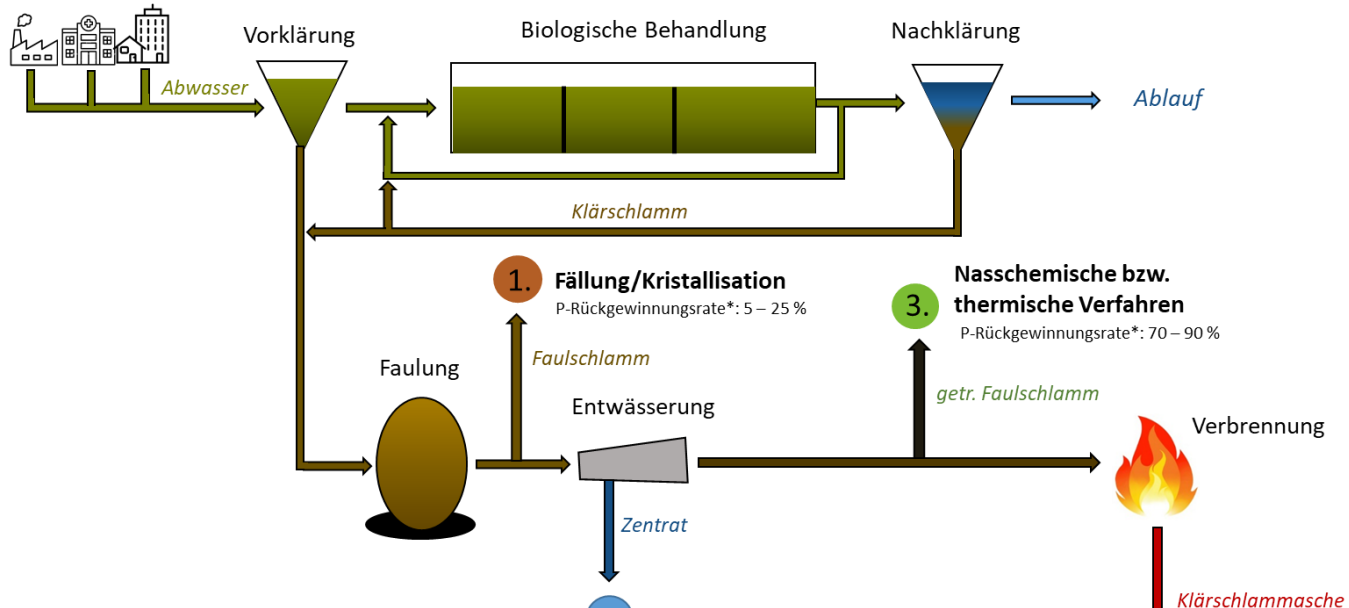
Auch produktionstechnisch ist die Anwendung der Rohphosphate umstritten, da diese eine geringe Pflanzenverfügbarkeit aufweisen und je nach Herkunft beachtliche Mengen an Blei, Cadmium und Uran enthalten können, die mit der Düngung in die Böden eingetragen und von Pflanzen aufgenommen werden.

produktion gedeckt werden könnten (siehe Tab. 1). Zeitgleich wird dieser Ansatz durch die Klärschlammverordnung (*AbfKlär 2017*) unterstützt, die Kläranlagen dazu verpflichtet ab 2029 bzw. 2032 Phosphor rückzugewinnen.

Deshalb wird seit einigen Jahren intensiv an der Rückgewinnung von Phosphor in der Abwasseraufbereitung geforscht. Die hieraus entstehenden phosphorhaltigen Recycling-Dünger (P-Rezyklate) entsprechen dem Kreislaufgedanken des Ökologischen Landbaus und können eine nachhaltige Alternative zu dem umstrittenen Rohphosphat darstellen. Nährstoffkreisläufe können somit auf regionaler Ebene über die kommunale Abwasserreinigung geschlossen und Ressourcen geschont werden. Einige dieser Produkte wurden bereits in Gefäßversuchen auf ihre Wirksamkeit getestet, doch praxisnahe Feldversuche unter den Bedingungen des Ökolandbaus sind hierzu bislang rar.

	P(1.000 t)
Bedarf	533 (davon ökologisch: ca. 8,07, bei 30% ökologisch: ca. 25)
Produktion	

Verfahrenstechnik, Ressourcenverbrauch und weiteren Eigenschaften. Welche Verfahren sich hier durchsetzen werden ist offen und wird maßgeblich durch die Gesetzgebung und auch durch die Nachfrage und Marktentwicklung beeinflusst. Grob lassen sich die Verfahren jedoch in 4 verschiedene Ansatzpunkte einteilen:



Klärschlamm.

- + Verfahren sind leicht integrierbar und beugen Verkrustungen in Kläranlagen vor
- P-Rückgewinnungsrate* von ca. 5-15%

(nach Entwässerung):

Verfahren ähnlich zu 1. , allerdings können Additive gezielter hinzudosiert werden.

- + Durchlaufzeit verkürzt
- + P-Rückgewinnungsraten* höher als bei 1. (5-25%)

3. Entwässerter bzw. getrockneter Klärschlamm:

Verschiedene **nasschemische bzw. thermochemische Verfahren.**

Je nach Ausgangsmaterial, Temperaturführung und Additiven in Kläranlagen werden Düngemittel aus mineralischem P in unterschiedlichen Zusammensetzungen gewonnen (Einfluss auf Pflanzenverfügbarkeit und Schwermetallentfrachtung).

- + organische Schadstoffe werden durch hohe Temperaturen vollständig zerstört
- hohe P-Rückgewinnungsraten* von ca. 70—90%
- andere Nährstoffe werden zerstört
- bei unvollständiger Verbrennung können Schadstoffe entstehen

4. Klärschlammasche (nach Mit- bzw. Monoverbrennung):

- Phosphor in Klärschlammaschen ist ohne weitere Verarbeitung/Auschluss schlecht pflanzenverfügbar.

Wie *wirksam* sind verschiedene P-Rezyklate unter den Praxisbedingungen des *Ökolandbaus*?

Wie ist der *Langzeitdüngeneffekt* über eine komplette Fruchtfolge?

Wie können diese Produkte sinnvoll in eine Fruchtfolge integriert werden?

Zeitraum:

07/2020 - 12/2022

Projektpartner und assoziierte Partner:

- 3 ökologische landwirtschaftliche Betriebe in NRW
- Rheinische Friedrich - Wilhelms - Universität Bonn
- Technische Hochschule Bingen

Versuchsaufbau und –methoden:

- 3 Standorte mit P-Mangel auf Praxisbetrieben
- Vergleich von 5 Rezyklaten zu Mineraldüngern
- Düngeneffekt bei Klee gras und Mais über zwei Jahre: Ertrag und Nährstoffgehalte



	Struvit		Karbonisat	Asche	Kohle
Name	Crystal Green	Berliner Pflanze	Pyreg	AshDec	KnochenKohle+
Verfahren	Kristallisationsverfahren		Karbonisierung	Thermische Behandlung	Pyrolyse
Ausgangs- stoff	Klärschlamm- wasser	Klärschlamm	Klärschlamm	Klärschlamm- asche	Knochenchips
P ₂ O ₅ -Gehalt	25%	25%	14%	17%	25%

Tabelle 2: untersuchte P-Rezyklate im Öko-P Projekt, Herstellungsverfahren, Ausgangsstoff und P₂O₅-Gehalt (Öko-P, 2021)

(P) in den Rezyklaten in unterschiedlichen Formen - als Ca-P, Struvit (MgNH_4PO_4), etc. - vor. Diese Verbindungsformen beeinflussen maßgeblich die **Verfügbarkeit** des Phosphors für die Pflanzen.

Das Herstellungsverfahren hat außerdem Einfluss auf die **Schadstoffgehalte** der Rezyklate: Bei thermischen Verfahren werden die Produkte so hoch erhitzt, dass alle organischen Schadstoffe verbrannt werden. Schwermetalle verbleiben auch bei hohen Temperaturen im Produkt und müssen nachträglich entfernt werden. Bei Kristallisations- und Fällungsverfahren dagegen verbleiben die Schwermetalle in den Ausgangsstoffen und gelangen nicht ins Produkt.

⇒ **Alle vorgeschriebenen Schadstoffgrenzen der DüMV und AbfklärV wurden von den hier untersuchten Rezyklaten eingehalten**

Düngung mit den Rezyklaten zeigten, dass:

⇒ **direkt pflanzenverfügbare Reserven im Boden wurden durch die Rezyklate (Crystal Green und AshDec) aufgefüllt**



Abb. 3: Öko-P Versuchsflächen (Mais und Klee gras) in Warstein 2021

⇒ Die anderen untersuchten Rezyklate hatten keinen
signifikanten Einfluss

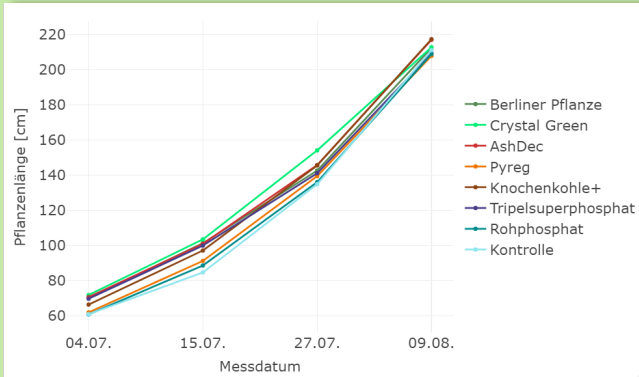


Abb. 5: Pflanzenlänge [cm] während der Vegetationsperiode 2021

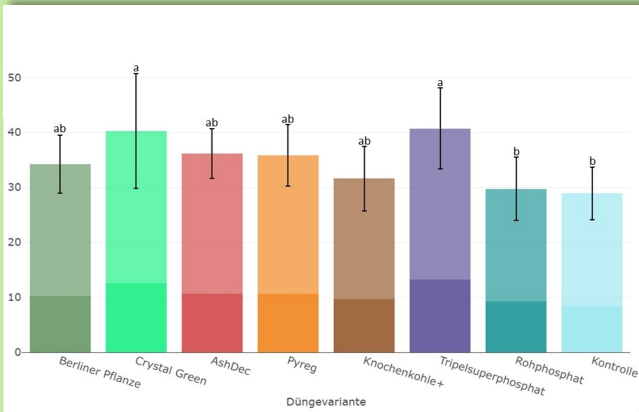


Abb. 6: P-Entzug (kg P ha⁻¹) bei Mais 2021

Düngeeffekt bei Mais:

Untersucht wurde die Entwicklung und der Ertrag im Jahr der Düngung (2021 direkt zu Mais) und ein Jahr nach der Düngung (2022 Folgefrucht nach gedüngtem Klee gras):

- ⇒ während der Jugendentwicklung im Mais konnten in beiden Jahren signifikante Unterschiede in der Entwicklung festgestellt werden (Abb. 5)
- ⇒ zum Zeitpunkt der Ernte waren keine Unterschiede mehr erkennbar, auch die Pflanzen ohne Düngung konnten einen ähnlich hohen Ertrag erzielen
- ⇒ der P-Entzug nach einer Düngung mit Struvit (Crystal Green) war im ersten Jahr signifikant höher als ohne Düngung (Abb. 6)

- ⇒ der **gesteigerte P-Entzug** im ersten Jahr und der Effekt in der **Jugendentwicklung von Mais** deuten darauf hin, dass der P aus den **Struviten** direkt für die Pflanzen verfügbar ist und aufgenommen werden kann
- ⇒ im **Kleegras** konnten im ersten Jahr sowohl ein **erhöhter P-Entzug** als auch ein **Ertragseffekt** durch **Struvit** festgestellt werden
- ⇒ bei den anderen Rezyklaten konnten diese Effekte nicht nachgewiesen werden, hier soll der **Langzeiteffekt** über mehrere Jahre weiter beobachtet werden
- ⇒ auch die Analyse der P-Fractionen im Boden zeigte, dass insbesondere der **direkt pflanzenverfügbare P-Pool im Boden** durch die Düngung mit den Rezykaten aufgefüllt wird
- ⇒ obwohl die P-Gehalte im Boden laut Untersuchung (CAL-P) sehr gering waren, deuten die hohen Erträge - auch ohne P-Düngung - darauf hin, dass **P kein limitierender Faktor** war
 - ⇒ Das lässt vermuten, dass mit den gängigen Analysemethoden bestimmte P-Fractionen (insbesondere organischer P) nicht abgebildet werden, aber dennoch zur Pflanzenernährung beitragen



neigenden Böden durch die Versauerungen und Pflanz-
gekulturen in den kommenden Jahren weiter beprobt
werden, um den Langezeitdüngeeffekt zu untersuchen

- momentan ist lediglich Struvit für den Ökolandbau zu-
gelassen

KONTAKT

