



ÖKO-P: PHOSPHOR-REZYKLATE

- eine Alternative für den Ökolandbau?



Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete unter Beteiligung des Landes Nordrhein-Westfalen

Landwirtschaftskammer
Nordrhein-Westfalen

Ministerium für Landwirtschaft
und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen



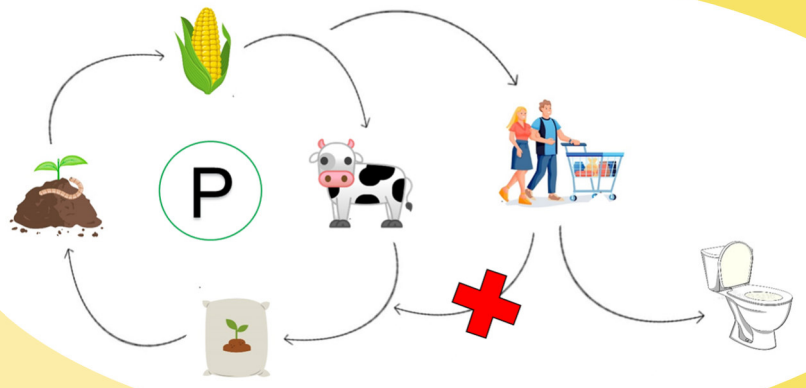
PARTICIPATING IN



funded by  European Commission

INHALTSVERZEICHNIS

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



1 HINTERGRUND

Zwar ist es der Kerngedanke des Ökolandbaus, durch eine nachhaltige Wirtschaftsweise 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 weicherdige 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.



Abb. 1: Abbau von Rohphosphat in einer Phosphatmine
(Quelle: BrianBrownImages via Getty Images)

2 LÖSUNGSANSATZ: P-RECYCLING AUS KLÄRSCHLAMM UND ANDEREN RESTSTOFFEN



(Quelle: Ostara, 2019)



Berechnungen zeigen, dass mit organischen Düngern und Reststoffen ca. 70 % des P-Bedarfs der deutschen Pflanzenproduktion 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)
Anfall	
Wirtschaftsdünger	202
Gärreste (mit Gülle)	73
Kompost	6
Klärschlämme	16
Tierische Nebenprodukte	9
Erntereste	74
Summe Anfall	380
Saldo	-153

Tabelle 1: P-Bedarf der deutschen Pflanzenproduktion und P-Anfall verschiedener Reststoffe (BMEL 2021, Kabbe 2015, DBU 2018)

3 P-RÜCKGEWINNUNG AUS ABWASSERN UND KLÄRSCHLAMM

Grundsätzlich gibt es verschiedene Ansatzpunkte in kommunalen Kläranlagen, an denen Phosphor rückgewonnen werden kann. Die daraus entstehenden Produkte unterscheiden sich in ihren P-Gehalten, Pflanzverfügbarkeit, 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:

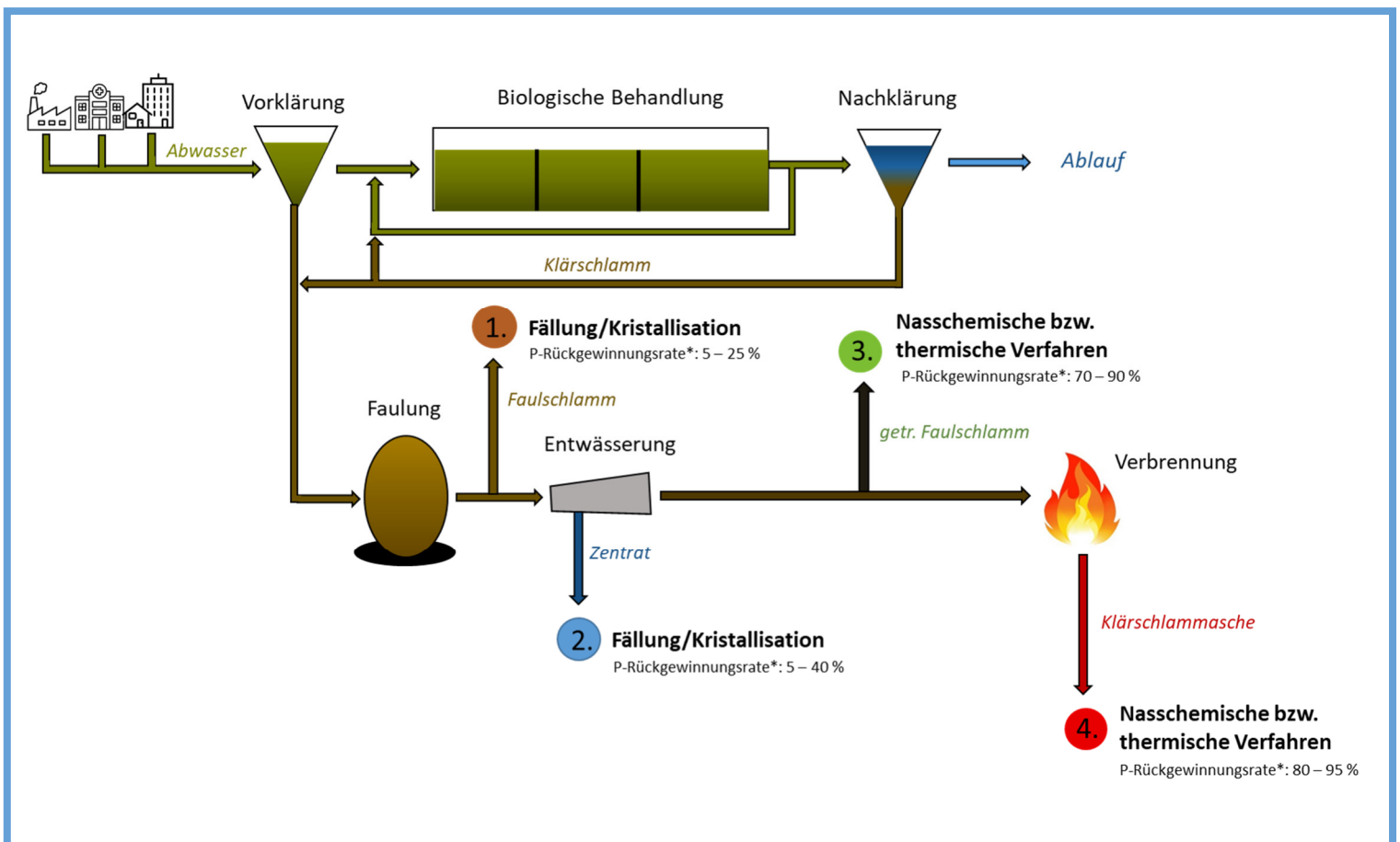


Abb. 2: Ansatzpunkte zur P-Rückgewinnung im Kläranlagenablauf (Öko-P, 2022)

1. Klärschlamm:

Fällung/Kristallisation von P-Mineralverbindungen (MAP/Struvit oder Ca-P) durch die Zugabe von Salzen (z.B. Mg- oder Ca-Salze); ggf. pH-Anhebung.

Für höhere Rückgewinnungsraten: P-Rüchlösung aus der festen Phase durch anaerobe Behandlung (Faulung), thermische Hydrolyse oder chemische Behandlung möglich.

+ Schwermetalle und andere Schadstoffe verbleiben im Klärschlamm.

+ Verfahren sind leicht integrierbar und beugen Verkrustungen in Kläranlagen vor

- P-Rückgewinnungsrate* von ca. 5-15%

2. Schlammwasser/Zentrat (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/Aufschluss schlecht pflanzenverfügbar.

Verschiedene **nasschemische bzw. thermochemische Verfahren** für Aufschluss nötig.

+ Organische Schadstoffe werden durch hohe Temperaturen vollständig zerstört.

+ Hohe Rückgewinnungsrate von ca. 80—98%

4 ÖKO-P: PRAXISVERSUCHE IM ÖKOLANBAU

Fragestellung:

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



4.1 ÖKO-P: UNTERSUCHTE P-REZYKLATE

	Struvit		Karbonisat	Asche	Kohle
Name	Crystal Green	Berliner Pflanze	Pyreg	AshDec	KnochenKohle+
Verfahren	Kristallisationsverfahren		Karbonisierung	Thermische Behandlung	Pyrolyse
Ausgangsstoff	Klärschlammwasser	Klärschlamm	Klärschlamm	Klärschlamm-asche	Knochenchips
P₂O₅-Gehalt	25%	25%	14%	17%	25%
					

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

Auswahlkriterien für die Untersuchung im Projekt:

- Deutliche Verbesserung zu herkömmlichen Rohphosphaten
 - ⇒ bessere Ökobilanz (kürzere Transportwege, möglichst wenig Energie- und Ressourcenverbrauch in der Herstellung, etc.)
 - ⇒ geringe Schadstoffgehalte
 - ⇒ bessere Wirksamkeit (nachgewiesen durch Gefäßversuche)
 - ⇒ Verfügbarkeit von ausreichenden Mengen

4.2 Öko-P: ERGEBNISSE

Qualität und Sicherheit der Rezyklate:

Je nach **Verfahren** und **Ausgangsstoff** liegt Phosphor (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**

Phosphor im Boden:

Phosphor liegt im Boden in unterschiedlichen **Fractionen** vor: manche Fractionen sind dabei direkt für die Pflanze verfügbar, andere können – je nach Kulturart – durch die Pflanzen mobilisiert werden und wieder andere sind so stark gebunden, dass sie weitestgehend nicht für die direkte Pflanzenernährung genutzt werden können.

Untersuchungen der unterschiedlichen P-Fractionen im Boden nach einer Vegetationsperiode mit Mais nach einer 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



Düngeeffekt bei Klee gras:

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

- ⇒ nur im ersten Jahr (2021) konnten nach einer direkten Düngung mit Struvit (Crystal Green) signifikant höhere TM-Erträge (dt/ha) erzielt werden (Abb. 4)
- ⇒ auch der P-Entzug nach einer Düngung mit Struvit (Crystal Green) war im ersten Jahr signifikant höher
- ⇒ Im zweiten Jahr (2022) konnten diese Effekte nicht nachgewiesen werden
- ⇒ Die anderen untersuchten Rezyklate hatten keinen signifikanten Einfluss

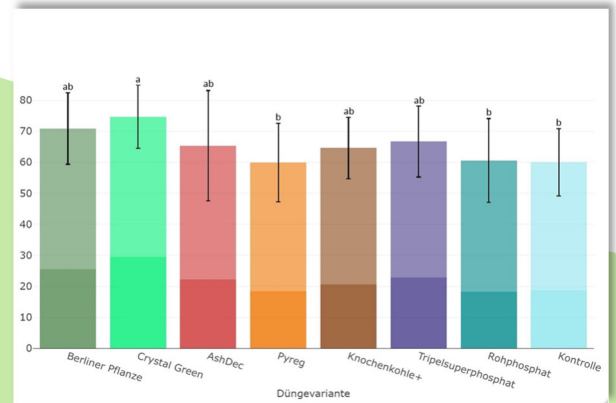


Abb. 4: Klee gras TM-Ertrag (dt ha⁻¹) 2021

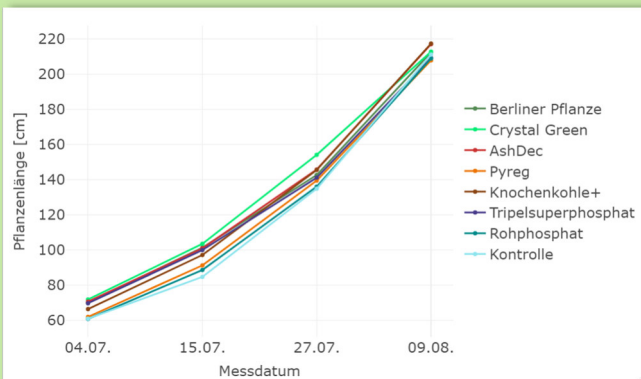


Abb. 5: Pflanzenlänge [cm] während der Vegetationsperiode 2021

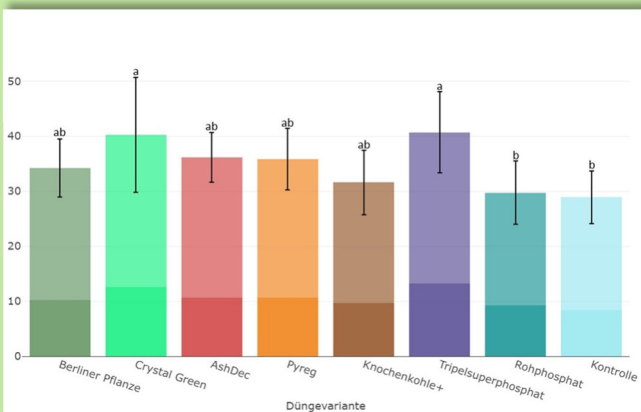


Abb. 6: P-Entzug (kg P ha⁻¹) bei Mais 2021

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)



4.3 ÖKO-P: FAZIT

- ⇒ in den Versuchen konnten **keine signifikanten ertragssteigernden Effekte für Mais** nachgewiesen werden
- ⇒ 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 **Kleegrass** 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 Rezyklaten 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



5. AUSBLICK

- die Rezyklate werden meist als Depot- bzw. Langzeitdünger beworben, die P über einen längeren Zeitraum freigeben. Deshalb sollen die Versuchsflächen und Folgekulturen in den kommenden Jahren weiter beprobt werden, um den Langezeitdüngereffekt zu untersuchen
- momentan ist lediglich Struvit für den Ökolandbau zugelassen

KONTAKT



Hannah Fischer
Landwirtschaftskammer NRW
Ökologischer Land- und Gartenbau
Gartenstraße 11
50765 Köln - Auweiler
hannah.fischer@lwk.nrw.de
Tel.: 0221/5340 - 487



Tim Wantulla
Landwirtschaftskammer NRW
Ökologischer Land- und Gartenbau
Gartenstraße 11
50765 Köln - Auweiler
tim.wantulla@lwk.nrw.de
Tel.: 0221/5340 - 517