

Dezentrales Phosphorrecycling stärken —

Empfehlungen für Politik, Wasserwirtschaft und regionale Netzwerke

Autor*innen: Martin Zimmermann, Martina Winker



EXECUTIVE SUMMARY

Phosphor ist ein unverzichtbarer Rohstoff für die Landwirtschaft. Deutschlands hohe Importabhängigkeit macht resilientere Nährstoffkreisläufe und eine stärkere Versorgungssicherheit erforderlich. Die Ergebnisse des Forschungsprojekts P-Net zeigen, dass dezentrale Verfahren zur Phosphorrückgewinnung an Kläranlagen technisch umsetzbar und insbesondere für größere Anlagen wirtschaftlich tragfähig sein können. Sie stärken regionale Stoffkreisläufe und können die Abhängigkeit von zentralen Rückgewinnungspfaden verringern. Bislang werden dezentrale Verfahren jedoch kaum genutzt. Ursachen sind fehlende Investitions- und Planungssicherheit, regulatorische Unsicherheiten, unzureichend entwickelte Marktstrukturen sowie ungeklärte Verantwortlichkeiten entlang der Wertschöpfungskette. Bund und Länder sollten daher geeignete Rahmenbedingungen schaffen, um dezentrale Lösungen gezielt zu unterstützen.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

- 1 — Einführung und Skalierung dezentraler Verfahren unterstützend begleiten:** Bund und Länder sollten die Einführung dezentraler Verfahren durch wissenschaftlich begleitete Demonstrations- und Referenzvorhaben sowie koordinierte Vollzugslösungen unterstützen. Zeitlich klar begrenzte Lern- und Übergangsphasen können Optimierung, Investitionsentscheidungen und belastbare Praxiserfahrungen absichern.
- 2 — Rechtssicherheit und Marktintegration für Recyclingprodukte wie Struvitdünger stärken:** Die landwirtschaftliche Verwendung von Struvitdünger ist möglich. Bund und Länder sollten bestehende Spielräume im Abfall- und Düngemittelrecht nutzen und die Düngemittelverordnung weiterentwickeln. Ziel sollte sein, dass Vermarktung, Herstellerverantwortung und Investitionsentscheidungen verlässlicher werden.
- 3 — Regionale Netzwerke aufbauen:** Dezentrale Verfahren können regionale Stoffkreisläufe unterstützen. Regionale Netzwerke können Angebot und Nachfrage abstimmen, Akteure entlang der Wertschöpfungskette zusammenführen und Qualitätssicherung, Logistik und Vermarktung organisieren. Integrierte Organisationsmodelle können kleinere Betreiber entlasten. Bund und Länder sollten hierfür Koordination, Beratung und Dialogformate stärken.

Problemstellung

Phosphorrecycling als strategische Aufgabe

Phosphor ist ein unverzichtbarer Nährstoff für die Landwirtschaft und damit für die Ernährungssicherheit. Angesichts konzentrierter globaler Reserven, gefährdeter Lieferketten und geopolitischer Risiken ist Deutschland nahezu vollständig auf Importe angewiesen. Daraus ergeben sich Preisvolatilitäten und strategische Abhängigkeiten. Die Europäische Union stuft Phosphor deshalb als kritischen Rohstoff ein.

Die kommunale Abwasserbehandlung spielt eine Schlüsselrolle für die Erschließung sekundärer Phosphorquellen: Klärschlamm enthält relevante Mengen an Phosphor und stellt daher eine bedeutende inländische Ressource dar. Mit der Novelle der Klärschlammverordnung wurde zudem ein verbindlicher Rahmen für die Rückgewinnung geschaffen.

In der Praxis sind jedoch vor allem zentrale Strategien dominant, insbesondere die Monoverbrennung mit anschließender Rückgewinnung aus Klärschlammaschen. Diese Pfade können zwar hohe Rückgewinnungsraten und Schadstoffentfrachtung ermöglichen, weisen aber techni-

sche, rechtliche und organisatorische Herausforderungen auf. Langfristige vertragliche Bindungen erzeugen zudem strukturelle Pfadabhängigkeiten, die alternative Rückgewinnungsoptionen erschweren.

Dezentrale Verfahren setzen hingegen direkt bei der Kläranlage an. Sie ermöglichen eine Rückgewinnung und anschließende Fällung von Phosphor direkt vor Ort und stärken regionale Stoffkreisläufe (siehe Tabelle 1). Regionale Ansätze können zu einer verbesserten Gesamt-Ökobilanz beitragen und eine diversifizierte sowie resilientere Phosphorrückgewinnung fördern, weil sie Abhängigkeiten von einzelnen Betriebsmitteln, Technologien und Akteuren verringern. Insbesondere größere Kläranlagen können relevante Mengen zurückgewinnen und regional wirksam werden. Ab etwa 50.000 Einwohnerwerten sind sie zudem ökonomisch vorteilhafter als zentrale, aschebasierte Verfahren.¹ Bund und Länder sollten daher die Rahmenbedingungen so weiterentwickeln, dass dezentrale Verfahren unter geeigneten Bedingungen sinnvoll mit aschebasierten Pfaden kombiniert werden können.

Tab. 1: Potenzieller Beitrag dezentraler Struvitrückgewinnung zur regionalen Phosphorversorgung in der Projektregion Harz und Heide im Jahr 2039. Sie ist eine grundsätzlich dezentralen Ansätzen gegenüber offene Region (Pillen et al., eingereicht).

Indikatoren	Dezentrale Rückgewinnung förderndes Szenario	Business-as-Usual-Szenario
Anzahl Kläranlagen der Größenklasse 4 und 5	9 Anlagen	4 Anlagen
Anteil an Kläranlagen in der Region	ca. 16 %	ca. 7 %
Struvitdünger	2.200 t/a	1.300 t/a
Phosphat	520 t/a	310 t/a
Landwirtschaftliche Fläche	6.900 ha/a	4.100 ha/a
Versorgungsgrad des regionalen Phosphorbedarfs für Mais, Kartoffeln und Rüben	ca. 9 %	ca. 6 %

¹ Hermanussen, Oliver (2026): [Was das Phosphorrecycling über eine Struvitausschleusung wirklich rentabel macht](#). In: So gelingt Phosphorrecycling in der Region Harz und Heide, Abschlussstagung des Forschungsprojekts P-Net, 3.3.2026, Braunschweig

Zentrale Umsetzungshemmnisse

Die geringe Verbreitung dezentraler Verfahren ist nicht allein technisch bedingt, sondern vor allem Folge struktureller Rahmenbedingungen. Vier Faktoren sind entscheidend:

Fehlende Investitions- und Betriebssicherheit

Für kommunale Betreiber sind wirtschaftliche Risiken schwer kalkulierbar. Investitionen und Betriebskosten für Re-Mobilisierung und Fällung, Analytik und Monitoring gehen mit Unsicherheiten einher. Die Wirtschaftlichkeit der Verfahren ist stark abhängig von externen Faktoren wie Energiepreisen und Entsorgungskosten für Klärschlamm. Gleichzeitig sind etablierte Entsorgungspfade – insbesondere die Monoverbrennung – administrativ einfacher und bieten scheinbar höhere Planungssicherheit. Für innovative Erstimplementierungen fehlen zugleich belastbare Referenzen und investitionsabsichernde Begleitmaßnahmen. Vorreiter tragen daher derzeit hohe Risiken.

Unzureichende Markt- und Systemintegration

Die Integration struvit-basierter Produkte in bestehende Märkte ist bislang unzureichend entwickelt. Zwar ist die agronomische Wirksamkeit belegt und die praktische Anwendung weiterentwickelt als bei vielen anderen P-Recyclaten; für stabile Investitionen und Marktentwicklung bestehen jedoch weiterhin Unsicherheiten bei Absatzstrukturen, Herstellerverantwortung sowie der Integration in regionale Wertschöpfungsketten.

Für die Aufbereitung, Mischung, Distribution sowie die Übernahme der Herstellerverantwortung sind Düngemittelwirtschaft, Landhandel und weitere Akteure entlang der Wertschöpfungskette wichtig. Betreiber können dadurch entlastet werden; zugleich braucht die Übergabe von Verantwortung klare Zuständigkeiten und begleitende Abstimmung (siehe Abbildung 1).

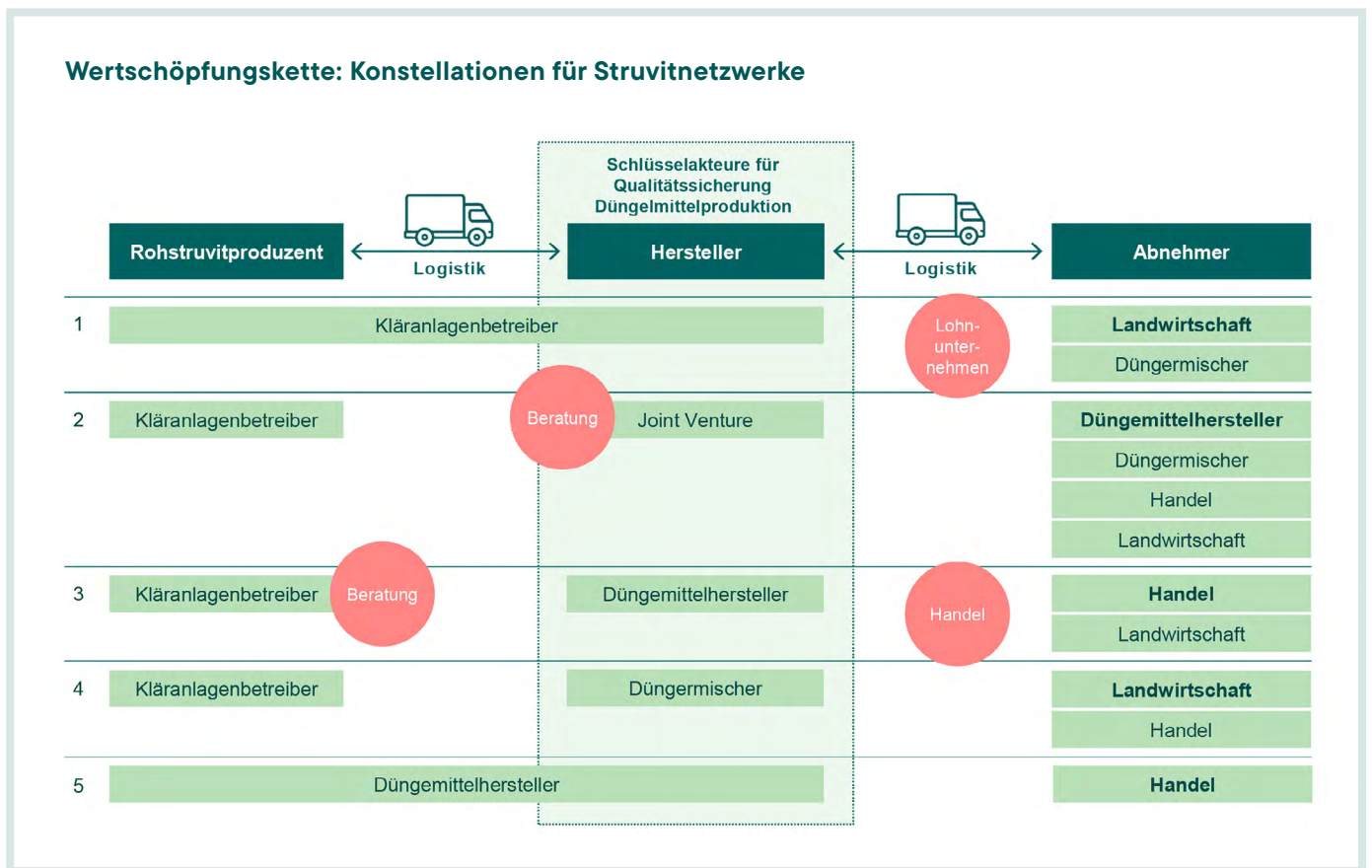


Abb. 1: Mögliche Organisations- und Verantwortungsmodelle entlang der Wertschöpfungskette für struvitbasierte Düngemittel. In den roten Kreisen sind weitere Akteure exemplarisch kenntlich gemacht (Pillen et al., eingereicht).

Auch für den Einsatz im Ökolandbau bestehen praktische Hürden. Besonders der Zertifizierungs- und Monitoringaufwand nach der EU-Düngemittelverordnung (EU) 2019/1009 und der EU-Öko-Verordnung (EU) 2018/848 ist für dezentrale regionale Akteure, etwa Betreiber von Kläranlagen, in der Regel nur schwer zu leisten und zu finanzieren.

Regulatorische Unsicherheiten im Vollzug

Die Auslegung der Klärschlammverordnung variiert zwischen den Bundesländern. Bundeseinheitliche Vollzugshinweise fehlen weitgehend. Für Betreiber entstehen daher Unsicherheiten bei Genehmigungen und langfristigen Investitionsentscheidungen. Zudem fehlen klar definierte Lern- und Übergangsphasen. Innovative Verfahren benötigen Zeit für die technische Optimierung. Starre Grenzwertregime erhöhen in dieser Phase das Risiko von Zielverfehlungen und wirken innovationshemmend.

Begrenzte organisatorische Kapazitäten

Dezentrale Verfahren erhöhen die Anforderungen an Betrieb, Prozesssteuerung und Analytik. Insbesondere kleinere und mittlere Kläranlagen verfügen über begrenzte personelle Ressourcen, um diese Anforderungen eigenständig zu bewältigen. Zudem entstehen zusätzliche Schnittstellen innerhalb der Anlagenprozesse sowie entlang der Wertschöpfungskette. Ohne geeignete regionale Netzwerke steigt die organisatorische Komplexität für Betreiber deutlich.

Zum Projekt

Der Policy Brief basiert auf Ergebnissen des Forschungsprojekts P-Net im Rahmen der BMFTR-Fördermaßnahme RePhoR (Förderkennzeichen 02WPR1496, Laufzeit 06.2020-03.2026).

Zentrale Ziele waren:

- Entwicklung und Bewertung dezentraler Verfahren zur Phosphor-Remobilisierung und -Fällung,
- Analyse agronomischer Wirkung und Marktperspektiven von Struvitprodukten,
- Entwicklung von Szenarien zur regionalen Schließung von Phosphorkreisläufen,
- Ableitung praxisnaher Handlungsempfehlungen für Betreiber, Politik und Wirtschaft.

Das Projekt wurde vom ISWW der TU Braunschweig koordiniert und gemeinsam mit Partnern aus Forschung, Wasserwirtschaft und Landwirtschaft durchgeführt.

Weitere Informationen unter:

www.tu-braunschweig.de/isww/forschung/p-net-umsetzung



Links: Struvitfällungsreaktor des Abwasserverbands Braunschweig (Foto: SEBS); oben rechts: Struvitgranulat der SF-SoepenberGmbH (Foto: Agrarmarketing Detailreich); Mitte rechts: mit Struvitdünger versorgtes Maisfeld (Foto: Keßeler); unten rechts: Akteure im Dialog bei der Abschlussveranstaltung (Foto: ISOE).

Was jetzt politisch zu tun ist

Einführung und Skalierung dezentraler Verfahren unterstützen

Bund und Länder sollten Unterstützungsmaßnahmen für Erstimplementierungen auflegen und Referenzanlagen sowie wissenschaftlich begleitete Demonstrationsvorhaben ermöglichen. Referenzanlagen unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen schaffen belastbare Erfahrungswerte und reduzieren Investitionsrisiken. Ergänzend sind zeitlich begrenzte und rechtssichere Lern- und Übergangsphasen erforderlich, um Erstimplementierungen zu ermöglichen, Anlauf- und Optimierungsphasen abzusichern und Investitionsentscheidungen zu stabilisieren. Bundesweit abgestimmte Vollzugshinweise sollten Anforderungen an Anlaufphasen, Monitoring und Qualitätskriterien klar definieren. Die Harmonisierung sollte an bestehende Bund-Länder-Abstimmungen anknüpfen, ohne neue Gremienarchitekturen aufzubauen (vgl. UMK-Beschluss vom 08.05.2026).

Rechtssicherheit und Marktintegration stärken

Für die Marktentwicklung struvitbasierter Produkte ist Rechtssicherheit entscheidend. Die praktische Anwendung von Struvitdüngern ist grundsätzlich möglich und rechtlich weiterentwickelt als bei vielen anderen P-Recyclaten; zugleich sollten Bund und Länder bestehende Spielräume im Abfall- und Düngemittelrecht konsequent nutzen und im

Rahmen der Fortschreibung der Düngemittelverordnung die Einordnung von Struvit als Dünger bzw. Düngemittelrohstoff stabilisieren. Dabei sollte insbesondere geprüft werden, ob die verpflichtende Wasserlöslichkeit angepasst bzw. gestrichen werden kann. Gleichzeitig müssen Kompetenzen und Zuständigkeiten zur Übernahme der Herstellerverantwortung gestärkt werden, um stabile Vermarktungsstrukturen und Investitionssicherheit zu schaffen.

Regionale Netzwerke aufbauen

Dezentrale Verfahren erfordern die Zusammenarbeit verschiedener Akteure entlang der Wertschöpfungskette. Bund und Länder sollten daher regionale Netzwerke unterstützen, in denen Kläranlagen, Düngemittelwirtschaft, Landhandel, Landwirtschaft und Beratung – etwa Landwirtschaftskammern – Angebot und Nachfrage abstimmen. Auf Landesebene kann dies durch Koordinierungsstellen, Beratungsangebote, moderierte Dialogformate und Qualitätsmanagement vorangetrieben werden.

Solche Netzwerke können Mengen bündeln, Qualitätssicherung und Logistik organisieren, Vermarktung erleichtern und den Austausch von Erfahrungen fördern. Integrierte Organisationsmodelle, die die Planung, Bau und Betrieb unterstützen, können insbesondere kleinere Betreiber entlasten und damit den Aufbau einer diversifizierten und resilienteren Phosphorrückgewinnung fördern.

Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts P-Net sind auf andere Regionen übertragbar. Bund und Länder sollten dezentrale Verfahren unter geeigneten Bedingungen systematisch prüfen, unterstützend begleiten und mit bestehenden Strategien der Phosphorrückgewinnung verzahnen.

Insbesondere für größere Kläranlagen können sie wirtschaftlich tragfähige Ergänzungen zu zentralen, aschebasierten Rückgewinnungspfaden sein und regionale Nährstoffkreisläufe, Versorgungssicherheit und Diversifizierung stärken. Unter geeigneten Rahmenbedingungen bilden sie damit einen wichtigen Baustein einer nationalen Phosphorrückgewinnungsstrategie.

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Douhaire, Caroline, Sylvia Kratz, Markus Rauchecker, Hans-Walter Schneichel, Engelbert Schramm, Onno Seitz, Martina Winker (2024): [Herstellung und Inverkehrbringung von Struvitdünger rechtssicher gestalten. Diskussion aktueller rechtlicher Fragen](#). ISOE-Materialien Soziale Ökologie, Nr. 75. Frankfurt am Main: Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE). DOI: 10.5281/zenodo.12939247

Pillen, Jonathan, Konrad Götz, Martina Winker (2023): [Struvitdünger und seine Möglichkeiten für den Markteintritt. Zielgruppen- und Marktanalyse für die Region „zwischen Harz und Heide“](#). ISOE-Materialien Soziale Ökologie, Nr. 71. Frankfurt am Main: Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE). DOI: 10.5281/zenodo.12946018

Rauchecker, Markus, Engelbert Schramm, Jonathan Pillen, Franziska Gromadecki, Janina Heinze, Heinrich Ripke, Michaela Rohrbach, Martina Winker (2024): [Transformation zu einer nachhaltigen regionalen Phosphor-Kreislaufwirtschaft durch den Aufbau von Struvitnetzwerken](#). ISOE-Materialien Soziale Ökologie, Nr. 76. Frankfurt am Main: Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE). DOI: 10.5281/zenodo.13919962

Winker, Martina, Joachim Clemens, Konrad Götz, Paul Keßeler, Sylvia Kratz(2025): [Crystallo. Der in P-Net entwickelte Struvitdünger. Crystallo Factsheet](#). Frankfurt am Main: Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE). DOI: 10.5281/zenodo.17711993

ZITIERVORSCHLAG

Zimmermann, Martin, Martina Winker (2026): **Dezentrales Phosphorrecycling stärken. Empfehlungen für Politik, Wasserwirtschaft und regionale Netzwerke. ISOE Policy Brief, 13.** Frankfurt am Main: Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE). DOI: 10.5281/zenodo.20640954

DANKSAGUNG

Dieser Policy Brief basiert auf Forschungsarbeiten im Verbundvorhaben „Aufbau eines Netzwerks zum ressourceneffizienten Phosphorrecycling und -management in der Region Harz und Heide (P-Net)“, das unter dem Förderkennzeichen O2WPR1542B vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) gefördert wurde. Wir danken dem BMFTR für die Förderung. Zudem möchten wir uns bei unseren Projektpartner*innen und den Fachakteuren, mit denen wir hierzu im Dialog standen, für die Unterstützung, die eingetragenen Erfahrungen und Einschätzungen bedanken.

Bildnachweis

Titel: Daniel Fröhlich - stock.adobe.com

Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE)

Das Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) gehört zu den führenden Instituten der Nachhaltigkeitsforschung. Wir entwickeln wissenschaftliche Grundlagen und zukunftsweisende Konzepte für Politik, Zivilgesellschaft und Wirtschaft – regional, national und international.

Die ISOE Policy Briefs stehen für tiefgehende Analysen aktueller Themen und Herausforderungen gesellschaftlicher Transformationsprozesse in Richtung Nachhaltigkeit. Das Format liefert Entscheidungsträger*innen in Politik und Verwaltung sowie Journalist*innen fundierte Hintergrundinformationen und forschungsbasierte Handlungsempfehlungen.

www.isoe.de/publikations-serie/isoe-policy-briefs

Impressum

Autor*innen: Martin Zimmermann, Martina Winker

Redaktion: Nicola Schuldt-Baumgart

Bitte kontaktieren Sie uns unter:

Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE)

Hamburger Allee 45
60486 Frankfurt am Main

Tel. +49 69 707 69 19-0
info@isoe.de

www.isoe.de

