



# Phosphorrückgewinnung

## The BMBF Funding Measure *Regional Phosphorus Recycling (RePhoR)* – The Status Quo

Helmut Löwe

Phosphorus (P) is an essential and non-substitutable nutrient for all living organisms and phosphate fertilizers play an important role for productive agriculture. Phosphate reserves are finite, worldwide limited to some politically unstable regions and increasingly contaminated by cadmium and uranium. Germany, like almost all countries of the European Union (EU), does not have its own phosphate deposits and therefore relies completely on imports. This leads to increasing risks in terms of supply reliability and susceptibility to price fluctuations. In 2014, it was put on the List of critical Raw Materials by the European Union to strengthen recycling.

For those reasons, the Federal Government has anchored the recovery of phosphorus in the German Resource Efficiency Programme (ProgRes II) as an important element in establishing a resource-efficient circular economy as well as created the legal framework with the amendment of the German Sewage Sludge Ordinance (AbfKlärV), which came into force in October 2017. For their implementation, scientific knowledge and practical experiences from industrial-scale applications of different P-recovery processes under real conditions are urgently needed. In 2018, the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) launched consequently the funding measure *Regional Phosphorus Recycling (RePhoR)* which aims to develop and implement innovative economic solutions for regional P-recovery and sewage sludge utilization in Germany. The Funding within RePhoR takes place in two phases. The 6-month first phase (*concept phase*) was completed in July 2019. From the regional P-recycling concepts submitted, the seven best were selected for the funding of the second phase (*implementation phase*). This phase started at the beginning of July 2020 and will last up to five years. From the various material flows of wastewater, sewage sludge and sewage sludge ash, the projects obtain different phosphorus recyclates in large-scale plants. These are used either as fertilizer in agriculture or as a starting product (e.g. phosphoric acid) in industry. The addressed regions for P-recycling differ in their size, sewage sludge volume and structure (e.g. rural regions and metropolitan areas).

The results of the funding measure RePhoR will help decision makers utilize recovered phosphorus in respective regions economically and sustainably. Moreover, they should also be transferable to other regions with comparable conditions.

## Die BMBF-Fördermaßnahme Regionales Phosphor-Recycling (RePhoR) – Aktueller Stand

Helmut Löwe

1.	BMBF-Fördermaßnahme Regionales Phosphor-Recycling (RePhoR) .....	376
1.1.	Stand der Fördermaßnahme.....	376
1.2.	Umsetzungsphase.....	377
1.3.	Übergreifende Maßnahmen und Praxistransfer .....	378
2.	Quellen .....	379

Phosphor (P) ist ein essentieller und nicht substituierbarer Baustein in allen Lebewesen und wird vor allem als Dünger für eine ertragreiche Landwirtschaft gebraucht. Die endlichen Phosphaterz-Reserven sind auf wenige, teilweise politisch instabile Regionen der Welt begrenzt und zunehmend verunreinigt (Cadmium, Uran). Deutschland, wie auch nahezu alle anderen Länder der Europäischen Union (EU), hat keine eigenen Rohphosphatlagerstätten und ist deshalb vollständig auf Importe angewiesen. Dies führt zu großen Risiken bei der Versorgungssicherheit und zur Anfälligkeit gegenüber Preisschwankungen. Phosphor wurde deswegen von der EU bereits im Jahr 2014 auf die Liste der kritischen Rohstoffe gesetzt, die einen Anreiz für Recyclingtätigkeiten geben soll. Eine wichtige Rolle zur Sicherung der zukünftigen Versorgung spielt hierbei die Rückgewinnung von Phosphor aus P-reichen Abfallströmen wie Abwasser und Klärschlamm. Die Bundesregierung hat deshalb die Rückgewinnung von Phosphor im Deutschen Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess II) als wichtigen Baustein zur Etablierung einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft verankert und mit der im Oktober 2017 in Kraft getretenen Novellierung der Klärschlammverordnung die gesetzlichen Rahmenbedingungen geschaffen.

Diese Entwicklungen unterstreichen den großen Bedarf an wirtschaftlichen und nachhaltigen Lösungen zur P-Rückgewinnung. Dafür sind wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse und praktische Erfahrungen aus großtechnischen Umsetzungen verschiedener P-Rückgewinnungsverfahren unter realen Bedingungen dringend erforderlich. Diese Technologien dürfen jedoch nicht isoliert betrachtet werden, sondern müssen Teil eines ganzheitlichen regionalen P-Recyclings und Klärschlammverwertungskonzepts sein. Aus diesen Gründen wurde im Jahr 2018 die Fördermaßnahme *Regionales Phosphor-Recycling (RePhoR)* vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gestartet.

## 1. BMBF-Fördermaßnahme Regionales Phosphor-Recycling (RePhoR)

Ziel der Fördermaßnahme ist es, durch innovative wirtschaftliche Lösungen zum regionalen P-Recycling einen Beitrag zur Umsetzung der neuen Klärschlammverordnung zu leisten. Durch die daraus resultierende verstärkte Nutzung von Sekundärphosphor aus der Kreislaufwirtschaft sollen der Verlust von Phosphor und die Abhängigkeit Deutschlands von Phosphorimporten maßgeblich verringert werden. RePhoR ist Teil der BMBF-Strategie *Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA)* und adressiert vor allem die Aspekte der nachhaltigen Nutzung von Ressourcen und der stärkeren Schließung von Stoffkreisläufen. Die Entwicklung und großtechnische Umsetzung von innovativen Technologien zur Ressourceneffizienz nimmt dabei einen hohen Stellenwert ein. In RePhoR werden hierzu verschiedene Technologien zur P-Rückgewinnung aus Abwasser, Klärschlamm oder Klärschlammverbrennungsasche großtechnisch umgesetzt und wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse und praktische Erfahrungen unter realen Bedingungen gesammelt. Es soll die Lücke zwischen P-Rückgewinnung und P-Recycling geschlossen und der rückgewonnene Phosphor über die Landwirtschaft in den Nährstoffkreislauf oder als Rohstoff in die Industrie zurückgeführt werden. Diese umgesetzten regionalen P-Konzepte dienen dann als Vorbild für andere Regionen mit vergleichbaren Bedingungen.

### 1.1. Stand der Fördermaßnahme

Die Förderung innerhalb der Fördermaßnahme RePhoR erfolgt in zwei Phasen (Bild 1).

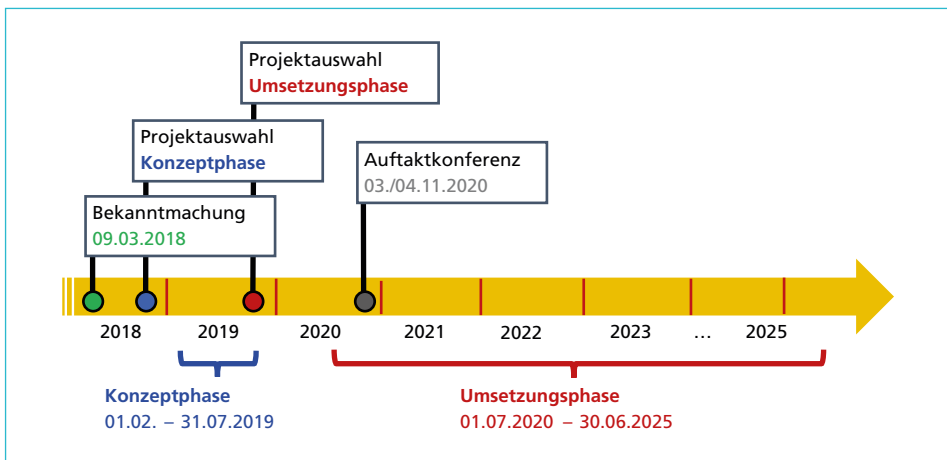


Bild 1: Zeitlicher Verlauf der Fördermaßnahme RePhoR

Die 6-monatige erste Phase (*Konzeptphase*) mit 19 geförderten Projekten endete im Juli 2019. Aus den daraus eingereichten regionalen Konzepten zum P-Recycling wurden die sieben besten Projekte für die 5-jährige Umsetzungsphase ausgewählt. Die Umsetzungsphase startete ab 01.07.2020, die Auftaktveranstaltung mit der Vorstellung der Projekte und einem internen Workshop fand am 03. und 04.11.2020 in Hannover statt.

## 1.2. Umsetzungsphase

Die sieben Verbundprojekte der Umsetzungsphase sind in Tabelle 1 aufgelistet. Aus den verschiedenen Stoffströmen Abwasser, Klärschlamm und Klärschlammmasche gewinnen sie in großtechnischen Anlagen unterschiedliche Phosphor-Rezyklate. Diese werden entweder als Dünger in der Landwirtschaft oder als Ausgangsprodukt (z.B. Phosphorsäure) in der Industrie genutzt. Die adressierten Regionen zum P-Recycling unterscheiden sich durch ihre Größe, ihr Klärschlammvolumen und ihre Struktur (z.B. ländliche Regionen und Ballungsraum).

Tabelle 1: Übersicht zu den BMBF-geförderten RePhoR-Verbundprojekten der Umsetzungsphase

	Projekt	Koordination
1	AMPHORE: Regionales Klärschlamm- und Aschen-Management zum Phosphorrecycling für einen Ballungsraum	Ruhrverband, Essen
2	DreiSATS: Technologiedemonstration zur Kombination von Staubfeuerung und Säureaufschlussgranulierung mit integrierter Schwermetallabscheidung für das regionale Phosphorrecycling im <i>Mitteldeutschen Dreiländereck</i> Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen	Veolia Klärschlammverwertung Deutschland GmbH, Markranstädt
3	KlimaPhoNds: Klimaneutrale und reststofffreie Klärschlammverwertung mit Phosphorsäureproduktion in Südost-Niedersachsen	Technische Universität Clausthal, Clausthaler Umwelttechnik Forschungszentrum (Cutec)
4	P-Net: Aufbau eines Netzwerks zum ressourceneffizienten Phosphor-Recycling und -Management in der Region Harz und Heide	Technische Universität Braunschweig, Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Braunschweig
5	RePhoRM: Regionales Phosphorrecycling im Rhein-Main-Gebiet unter Berücksichtigung industrieller und agrarischer Stoffkreisläufe	Technische Universität Darmstadt – Institut IWAR – FG Abwassertechnik, Darmstadt
6	R-Rhenania: Modifiziertes Rhenania Phosphat aus Klärschlammmasche für Bayern	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Fachbereich 4.4 Thermochemische Reststoffbehandlung und Wertstoffrückgewinnung, Berlin
7	Satellite: Verfahrenstechniken im Haupt- und Satellitenbetrieb eines interkommunalen Recyclingzentrums für ein optimiertes regionales Nährstoffrecycling	Leibniz Universität Hannover, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, Hannover

Grundsätzlich sind bei allen Umsetzungsprojekten folgende Aspekte essentiell:

- Regionaler Ansatz:** Hierbei werden insbesondere die örtlichen Gegebenheiten und Infrastrukturen der Abwasserreinigung und Klärschlammverwertung sowie möglichst kurze Transportwege für Klärschlamm, Klärschlammverbrennungaschen und P-Rezyklate berücksichtigt. Möglichst die gesamte Wertschöpfungskette soll dabei betrachtet werden, um den rückgewonnenen Phosphor über die Landwirtschaft in den Nährstoffkreislauf oder als Rohstoff in die Industrie zurückzuführen. Dabei soll darauf geachtet werden, dass alle regional relevanten Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft, Verwaltung und Gesellschaft von Anfang an mit eingebunden werden (z.B. potentielle Nutzer der P-Rezyklate oder Genehmigungsbehörden).

- **Großtechnische P-Rückgewinnung:** Es besteht ein hoher Bedarf an der beispielhaften Entwicklung und großtechnischen Umsetzung von Verfahren zur P-Rückgewinnung unter realen Bedingungen für verschiedene Anlagengrößen und -typen. Aus diesem Grund ist die großtechnische Umsetzung eines Verfahrens zur P-Rückgewinnung aus den stromführenden Abwasser, Klärschlamm oder Klärschlammverbrennungssasche ein entscheidender Aspekt in den Projekten. Mit diesen großtechnischen Umsetzungen sollen Erfahrungen gesammelt werden, um die Produktqualität und die Nutzung der P-Rezyklate sowie Auswirkungen auf den Kläranlagenbetrieb und die Klärschlamm Entsorgung vernünftig beurteilen zu können. Möglich ist auch die sinnvolle Einbindung von bestehenden großtechnischen Anlagen zur P-Rückgewinnung in die regionalen Konzepte.
- **Qualität der P-Rezyklate:** Eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz der erzeugten P-Rezyklate am Markt ist der Nachweis, dass sie kontinuierlich, in ausreichender Menge und in guter Qualität erzeugt werden können. Je nach Verwendungszweck müssen dabei unterschiedliche Anforderungen erfüllt werden. Die Eigenschaften und damit die Absatzmöglichkeiten der P-Rezyklate unterscheiden sich je nach Produktart, Herstellungsverfahren und Ausgangsprodukt teilweise deutlich. Bei einer Verwendung als Düngemittel ist beispielsweise eine gute P-Angebotverfügbarkeit bei gleichzeitiger Schadstoffarmut entscheidend. Aus diesem Grund sind Qualitätsuntersuchungen der erzeugten P-Rezyklate ein wichtiger Teil des Arbeitsprogramms der RePhoR-Projekte. Auch für die Anwendung der P-Rezyklate maßgebliche rechtliche Aspekte werden von Beginn an beachtet und miteinbezogen.
- **Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Bilanzierungen:** Innerhalb der regionalen Konzepte und Umsetzungen sollen möglichst wirtschaftliche und nachhaltige Lösungen zum P-Recycling realisiert werden. Zur Abschätzung werden hierfür Wirtschaftlichkeitsanalysen und Ökobilanzierungen mit etablierten Verfahren innerhalb der Projekte durchgeführt. Wesentliche Aspekte sind dabei u.a. Kostenintensität, Rückgewinnungspotential der Technologie, Einbindung in bestehende Verfahrenstechnik, Auswirkung auf die Klärschlammverwertung, Energie- und Stoffbilanzen, Emissionen, Reststoffe sowie Absatzmöglichkeiten der P-Rezyklate.

Die Ergebnisse und praktischen Erfahrungen aus den modellhaften Realisierungen des regionalen P-Recyclings werden die relevanten Entscheidungsträger (z.B. in der Wasserwirtschaft und den Kommunen) dabei unterstützen, das aus der Klärschlammverordnung resultierende P-Rückgewinnungsgebot in ihrer jeweiligen regionalen Einheit wirtschaftlich und nachhaltig umzusetzen.

### 1.3. Übergreifende Maßnahmen und Praxistransfer

Die Fördermaßnahme RePhoR wird über die gesamte Laufzeit durch das Vernetzungs- und Transfervorhaben TransPhoR (Transfervorhaben zum Regionales Phosphor-Recycling) begleitet, das inhaltliche und organisatorische Aufgaben wahrnimmt.

Wesentliche Ziele des Projektes sind die Synthese und Ausarbeitung der Ergebnisse aus den Umsetzungsprojekten für unterschiedliche Zielgruppen, die öffentlichkeitswirksame Darstellung der Fördermaßnahme sowie die Vernetzung mit entsprechenden nationalen und internationalen Aktivitäten. Weiterhin soll die Identifikation und zentrale Bearbeitung übergeordneter wissenschaftlicher Fragestellungen erfolgen. Für Details zum Vernetzungs- und Transfervorhaben wird auf den Fachbeitrag *Das RePhoR-Vernetzungs- und Transfervorhaben TransPhoR – Vorstellung und Aufgaben* von Herrn Prof. Pinnekamp (Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e.V.) verwiesen [1].

Darüber hinaus gibt es einen Lenkungskreis zur Fördermaßnahme, der sich aus den KoordinatorInnen der Verbundprojekte, des Vernetzungsvorhabens sowie Experten aus Wirtschaft, Verbänden, Behörden und Ressorts zusammensetzt. Der Lenkungskreis dient der projektübergreifenden Vernetzung zwischen den Forschungsprojekten sowie der Diskussion übergreifender Fragestellungen. Dabei werden unter anderem Querschnittsthemen definiert, an denen alle Umsetzungsprojekte im Verlauf der Fördermaßnahme gemeinsam, z.B. in Workshops, zusammenarbeiten. Außerdem werden gemeinsame Aktivitäten zur Verwertung und praktischen Umsetzung der Projektergebnisse und zur Öffentlichkeitsarbeit geplant.

Informationen zur Fördermaßnahme RePhoR werden auf der entsprechenden Homepage ([www.bmbf-rephor.de](http://www.bmbf-rephor.de)) laufend aktualisiert. Darin sind alle Verbundprojekte und Veranstaltungen aufgeführt. Auch Publikationen aus den Projekten oder aus übergreifenden Maßnahmen werden dort veröffentlicht.

## 2. Quellen

- [1] Pinnekamp, J.; Ooms, K.; Meuleneers, L.: Das RePhoR-Vernetzungs- und Transfervorhaben TransPhoR – Vorstellung und Aufgaben. In: Holm, O.; Komé-Kozmiensky, E.; Quicker, P.; Kopp-Assenmacher, S. (Hrsg.): Verwertung von Klärschlamm 3. Neuruppin: Komé-Kozmiensky Verlag GmbH, 2020, S. 380-387

### Ansprechpartner



**Dr. Helmut Löwe**  
 Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
 Stv. Referatsleiter  
 Referat 726, Ressourcen, Kreislaufwirtschaft ; Geoforschung  
 Heinemannstraße 2  
 53175 Bonn, Deutschland  
 +49 228 99572110  
[Helmut.Loewe@bmbf.bund.de](mailto:Helmut.Loewe@bmbf.bund.de)



