

## Wachstumskern



# Phosphorrückgewinnung

Nach dem von Rockström et. al entwickelten Konzept der planetarischen Grenzen (engl. planetary boundaries) ist der globale Phosphorkreislauf bereits irreversibel beeinträchtigt. Die Ursache dafür sind zwei Problemfelder: Phosphor ist ein essenzieller Nährstoff für das Pflanzenwachstum und die Landwirtschaft von seinem Einsatz in Form von Mineraldünger abhängig. Der Abbau der natürlichen Phosphorquellen übersteigt jedoch deren Regenerationskraft bei Weitem, was zu einer zunehmenden Verknappung des Rohstoffes führt. Gleichzeitig gelangt überschüssiger Phosphor aus der mineralischen oder organischen Düngung ins Grundwasser sowie in Flüsse und Meere und fördert dort ein übermäßiges Algenwachstum. Der über Nahrungsmittel aufgenommene Phosphor findet über das Abwasser seinen Weg in Klärschlämme – die bisher größtenteils in Verbrennungsanlagen und auf Deponien entsorgt wurden. Mit dramatischen Folgen: Der für die Lebensmittelproduktion essenzielle Nährstoff geht dem Kreislauf verloren.

Neben der bedarfsgerechten Düngung mit Phosphor bietet insbesondere das Phosphorrecycling aus Restströmen an dieser Stelle einen möglichen Ansatzpunkt. Akteurinnen und Akteure aus Forschung und Praxis arbeiten in NRW an konkreten Lösungen, um Phosphor aus Gülle und Klärschlämmen im Kreislauf zu halten. Die novellierte Klärschlammverordnung mit der darin enthaltenen Phosphor-Rückgewinnungspflicht wirkt dabei als Innovationstreiber.

## Pflanzenverfügbarkeit von Nährstoffen mittels standardisiertem Testsubstrat von HGoTECH untersuchen

### 🌀 Ziel der Innovation

Die Effektivität von Recyclingdünger aus Phosphor-Rezyklaten steht und fällt mit der Pflanzenverfügbarkeit der enthaltenen Nährstoffe. Diese in groß angelegten Feldversuchen zu testen, ist zeit- und kostenintensiv. Zudem erschweren natürliche Faktoren wie die lokalen physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften oder die regionalen Witterungsverhältnisse, allgemeingültige Aussagen über die Leistungsfähigkeit des Düngers zu treffen. Vor diesem Hintergrund entwickelte die HGoTECH GmbH ein standardisiertes Testsubstrat mit dem Düngemittel zuverlässig getestet werden können.

### ☑ Funktionsweise des Verfahrens

Die Forscherinnen und Forscher von HGoTECH entwickelten ein bodenähnliches phosphat- und nährstoffarmes Testsubstrat, das an die Anforderungen von Düngemitteln angepasst werden kann. Auf speziellen nährstoffarmen „Testböden“ werden Feldfrüchte (Weidelgras, Luzerne, Mais oder Raps) in großen Gefäßen unter kontrollierten Bedingungen mit den zu untersuchenden Rohstoffgemischen gedüngt. Das Testsubstrat ist zwar einem guten Ackerstandort sehr ähnlich, aber praktisch frei von pflanzenverfügbarem Phosphat, um die Wirkung des Recyclingdüngers messbar zu machen. Weitere Nährstoffe werden je nach Anforderung zugesetzt. Die Trockenmasse mehrerer Erntegänge unter Testdüngung ermöglicht dann eine belastbare Aussage über die Pflanzenverfügbarkeit des organischen oder anorganischen Düngemittels. Das Standardsubstrat kann zudem genutzt werden, um Trockenstress von Pflanzen zu testen oder die Wirkung sogenannter Biostimulanzien zu prüfen.



### + Beitrag zur Ressourcenwende

Das von HGoTECH entwickelte Testsubstrat vereinfacht die Zulassung von Düngemitteln erheblich, womit die Nutzung von recyceltem Phosphor und weiteren Nährstoffen in der Breite gesteigert werden kann.



© HGo-Tech

**Ansprechpartner** Dipl.-Ing. Christian Heck (HGoTECH GmbH)

**Webseite** [www.hgotech.de](http://www.hgotech.de)

## C.R.O.P.<sup>®</sup>-Verfahren: Combined Regenerative Organic food Production



© DLR

### + Beitrag zur Ressourcenwende

Mit der Implementierung des C.R.O.P.<sup>®</sup>-Verfahrens in landwirtschaftliche Kreisläufe kann ein wichtiger Schritt zur Ressourcenwende geleistet werden. Mit der Applikation der gewonnenen Düngelösung können die teils unkontrollierte oder überhöhte Stickstoffausbringung in den Boden verhindert und Auswaschungen in das Grundwasser sowie Emissionen von Umweltgiften (zum Beispiel Ammoniak) reduziert werden. Der organische Flüssigdünger kann ohne Nährstoffverluste gelagert und durch die stabilen Nährstoffverbindungen gut für wirtschaftlichen Transport in Ackerbauregionen aufbereitet werden. Der modulare Aufbau ermöglicht eine problemlose, individuell anpassbare Integration in landwirtschaftliche Betriebe. Zudem ist das Verfahren, das ohne den Zusatz von Chemikalien und Gefahrstoffen abläuft, wartungsarm und regeneriert sich eigenständig nach einem möglichen Strom- oder Pumpenausfall. Die Anlage kann darüber hinaus Abwärme, beispielsweise von Melkständen oder einer Biogasanlage, aufnehmen. Das C.R.O.P.<sup>®</sup>-Verfahren entspricht somit dem Grundgedanken der Ressourcenwende, indem es Nährstoffe im Kreislauf hält und Energieüberschüsse verwertet.

### 🎯 Ziel der Innovation

In Regionen mit intensiver Nutztierhaltung fallen große Mengen an Gülle an, die zu einem Nährstoffüberschuss führen können. Um Boden, Wasser und Luft nicht durch den in der überschüssigen Gülle enthaltenen Stickstoff zu belasten, werden anfallende Reststoffe oft an viehlose Ackerbaubetriebe oder Biogasanlagen abgegeben. Je länger allerdings der Transport dauert, desto unwirtschaftlicher wird die Gülle, da diese zu 90 % aus Wasser besteht. Die C.R.O.P.<sup>®</sup>-Technologie setzt an dieser Stelle an: In einem einfachen Prozessschritt wird aus Gülle und Gärprodukten ein höherwertiges Düngemittel gewonnen. Auf diese Weise werden die natürlichen Ressourcen im Kreislauf gehalten, ohne die Ökosysteme Boden, Wasser und Luft unnötig zu belasten.

### ✅ Funktionsweise des Verfahrens

Das C.R.O.P.<sup>®</sup>-Verfahren wurde am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ursprünglich für den Einsatz in Mond- oder Marsstationen entwickelt. Aus dem Urin von Astronautinnen und Astronauten wird durch das Verfahren ein Pflanzendünger gewonnen, der zur Kultivierung frischer Lebensmittel in Gewächshäusern eingesetzt werden kann. Die Technologie wurde für den Einsatz in der Landwirtschaft und die Aufbereitung von Gülle und Gärprodukten angepasst. Dafür wurde eine modular aufgebaute Anlage entwickelt, die aus einem geschlossenen Reaktionsraum besteht, der sich oberhalb eines Tanks befindet. Separierte (Rinder-)Gülle durchläuft mehrfach zirkulierend die Anlage und strömt dabei über Trägermaterialien. Auf diesen siedeln bodennahe Mikroorganismen, die den Umwandlungsprozess zu einem höherwertigen Düngemittel beschleunigen.

Aus dem Verfahren erhält der Landwirt sowohl ein festes, pelletiertes Produkt als auch eine flüssige Phase, in der die Nährstoffe in stabilen Verbindungen vorliegen. Die Düngemittellösung ist geruchsarm und der enthaltene Stickstoff direkt pflanzenverfügbar, womit die Lösung zu einer effizienten Düngestrategie beiträgt.

**Ansprechpartner** Tim Paulke (DLR)

**Webseite** [www.dlr.de/me/desktopdefault.aspx/tabid-15889/](http://www.dlr.de/me/desktopdefault.aspx/tabid-15889/)

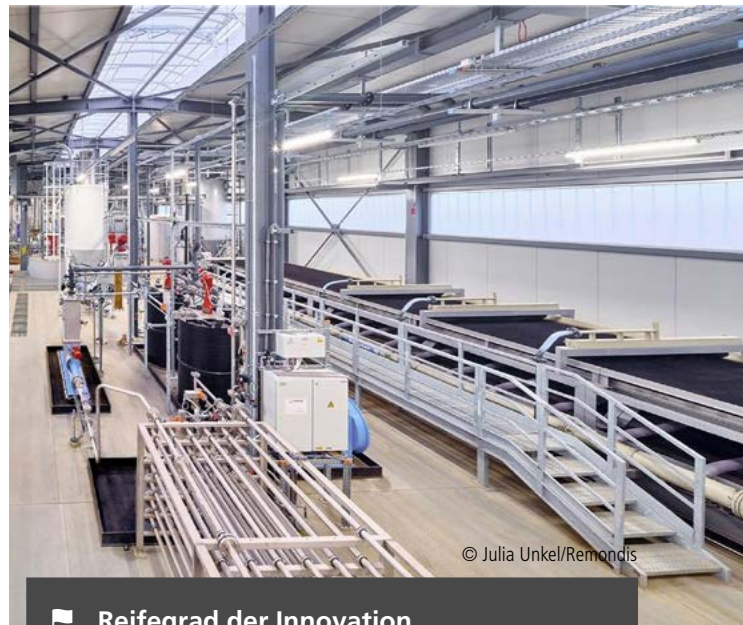
## TetraPhos: Phosphorrückgewinnung aus Klärschlämmen

### 🌀 Ziel der Innovation

Insbesondere die europäische Landwirtschaft ist von Phosphorimporten aus dem Ausland abhängig. Als Düngemittel eingesetzt und über die Nahrung aufgenommen, landet ein Großteil des importierten Phosphors im Abwasser. Gemeinsam mit anderen Reststoffen aus den Kläranlagen wird er nicht gezielt genutzt und geht damit aus einem sonst natürlichen Rohstoffkreislauf verloren. Da die derzeit genutzten, fossilen Phosphorreserven endlich sind, soll die Phosphorrückgewinnung aus Klärschlämmen verstärkt werden: Durch die Novellierung der Abfallklärschlammverordnung (AbfKlärV) ist die Mitverbrennung von Klärschlämmen ab dem Jahr 2029 nur noch möglich, wenn Phosphor bereits auf der Kläranlage hinreichend abgetrennt wurde. REMONDIS stellt mit TetraPhos® ein Verfahren zur Rückgewinnung von Phosphor vor, dessen Qualität die der natürlichen Vorkommen sogar übersteigt und frei von Schwermetallen ist. Die gewonnene Phosphorsäure kann in der Landwirtschaft sowie für technische Anwendungen in der Automobil- und chemischen Industrie eingesetzt werden. Mit zwei Nebenprodukten – Gips zur Verwendung in der Bauindustrie sowie Eisen- und Aluminiumsalzen, die als Fällungsmittel zur Abwasserreinigung eingesetzt werden können – trägt das Verfahren zusätzlich zur Kreislaufführung gefragter Materialien und damit zur Ressourcenwende bei.

### ☑ Funktionsweise des Verfahrens

Nach der Vergärung werden die Klärschlämme im Rahmen des TetraPhos® Verfahrens mineralisiert. In der dabei entstehenden Asche liegen die folgenden mineralischen Bestandteile vor: Sand, Eisen-, Aluminium- und Calciumphosphat. Die Asche wird mit verdünnter Phosphorsäure vermischt, wodurch sich die Phosphate lösen. Feste, nicht lösliche Bestandteile werden abgeschieden. Calcium, das besonders leicht löslich ist, wird durch Schwefelsäure zu Gips ausgefällt. Anschließend werden mithilfe eines Ionentauschers Schwermetalle, wie Eisen und Aluminium, abgesondert. Das gewonnene Produkt ist die 75-prozentige Phosphorsäure, die unter dem Markennamen RePacid® vermarktet wird. Ein Teil der gewonnenen Phosphorsäure wird im Kreis geführt und zur Wiederholung des Verfahrens genutzt. Somit wird der Kreislauf Phosphor erstmalig wirtschaftlich und vollständig geschlossen.



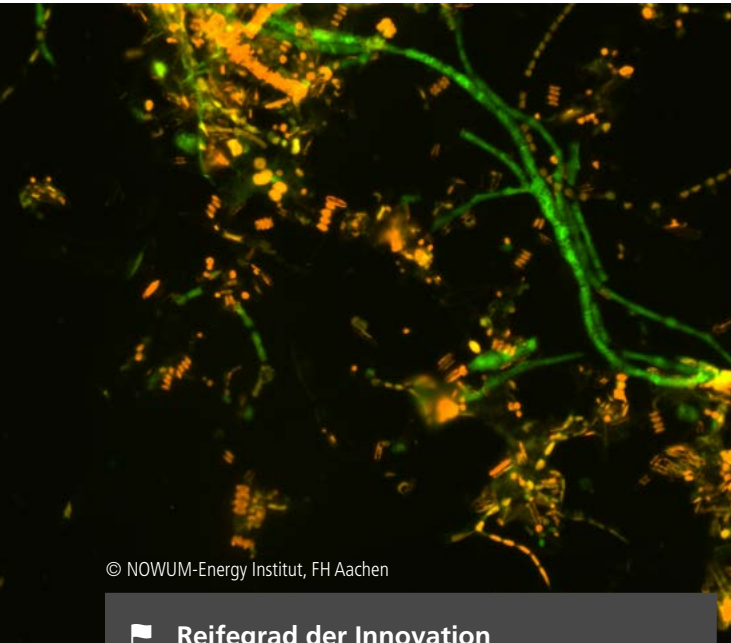
© Julia Unkel/Remondis

### 🚩 Reifegrad der Innovation

Nach einer erfolgreichen Pilotphase haben REMONDIS und Hamburg Wasser im Jahr 2020 gemeinsam die weltweit erste großtechnische Anlage zum Phosphorrecycling fertiggestellt (Kapazität: jährlich ca. 7.000 Tonnen hochreine Phosphorsäure aus 20.000 Tonnen Klärschlammmasche). Weitere konkrete Projekte sind für die Zukunft geplant. Vor dem Hintergrund einer verpflichtenden Phosphorrückgewinnung ab dem Jahr 2029 ist derzeit eine Vielzahl von neuen oder erweiterten Verwertungsanlagen für den Klärschlamm erforderlich, bei denen das TetraPhos® Verfahren zur Anwendung kommen kann. Die hochreine Phosphorsäure REPACID® wird bereits vom Markt genutzt.

<b>Projektpartner</b>	Hamburger Phosphorrecyclinggesellschaft mbH (gemeinsame Gesellschaft zwischen REMONDIS und HAMBURG WASSER)
<b>Ansprechpartner REMONDIS</b>	Dr. Martin Lebek (REMONDIS Aqua Industrie GmbH & Co. KG, Geschäftsführer)
<b>Webseite</b>	<a href="http://www.remondis.de">www.remondis.de</a>

## BiohyreP: Biohybride Systeme zur Verwertung von Phosphor aus Abwasser



© NOWUM-Energy Institut, FH Aachen

### Reifegrad der Innovation

Die Innovation der ATS-Anlage ist technologisch ausgereift und wird bereits am Forschungszentrum Jülich und an der Universität Moskau eingesetzt. Die mikrobiologische Analyse des gemischten Algenkonsortiums auf der ATS-Anlage sowie verschiedene Bioaffineriekonzepte werden am Institut NOWUM-Energy der FH Aachen erforscht. Da die ATS-Anlagen aufgrund des Lichtbedarfes der Algen einen großen Platzbedarf in den Kläranlagen benötigen, ist die weitere Verbreitung der Technologie bisher noch nicht erfolgt. Die Projektverantwortlichen erwarten jedoch aufgrund der steigenden Nachfrage von Phosphat eine Perspektive für ATS-Systeme – nicht zuletzt, weil Algenbiomasse ein Produkt ist, das vielfältig im Rahmen der Bioökonomie eingesetzt werden kann (Tierfutter, Nahrungsergänzungsmittel, energetischer Einsatz etc.).

**Ansprechpartner** Prof. Dr. Markus Grömping (FH Aachen)

### Ziel der Innovation

Die Rückgewinnung von Phosphor (P) und Stickstoff aus Abwasserströmen in Kläranlagen ist ein zentrales Thema der Ressourceneffizienz. Im Projekt BioHyReP arbeiten Forscherinnen und Forscher der Fachhochschule Aachen und des Forschungszentrums Jülich gemeinsam mit der Universität Moskau und dem Kurtschatow-Institut in Moskau an der Abwasserreinigung mit Mikroalgen in dem System „Algae Turf Scrubber“ (ATS). Ziel ist es, die Phosphataufnahme durch das Algenkonsortium auf einer ATS-Anlage zu quantifizieren und die prozesstragenden Algen und Bakterien zu identifizieren. Durch die Phosphataufnahme erfolgt ein Algenwachstum. Die so produzierte Algenbiomasse wird hinsichtlich verschiedener Bioaffineriekonzepte untersucht. Eine Einsatzmöglichkeit könnte die anaerobe Fermentation im Biogasprozess sein.

### Beitrag zur Ressourcenwende

Der Einsatz von Algen für die Phosphatrückgewinnung ist als biologische Methode ohne den Einsatz von Chemikalien ein vielversprechender und ressourcenschonender Ansatz. Die biologische Nährstoffrückgewinnung in Kombination mit der Produktion einer energetischen Quelle leistet sowohl einen Beitrag zur Ressourcenwende insgesamt als auch explizit zu einer Circular Economy.



© NOWUM-Energy Institut, FH Aachen