



BMBF-Fördermaßnahme

Regionales Phosphor-Recycling

Vorstellung der Verbundprojekte zur Auftaktveranstaltung
03./04. November 2020

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

 **FONA**
Forschung für Nachhaltige
Entwicklung
BMBF

Inhalt

Die BMBF-Fördermaßnahme RePhoR	4
Wissenschaftliches Begleitvorhaben TransPhoR	6
Regionen und Untersuchungsstandorte der Verbundprojekte	8
RePhoR-Verbundprojekte	9
AMPHORE Regionales Klärschlamm- und Aschen-Management zum Phosphorrecycling für einen Ballungsraum	10
DreiSATS Technologiedemonstration zur Kombination von Staubfeuerung und Säureaufschlussgranulierung mit integrierter Schwermetallabscheidung für das regionale Phosphorrecycling aus Klärschlämmen im „Mitteldeutschen Dreiländereck“ Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen	12
KlimaPhoNds Klimaneutrale und reststofffreie Klärschlammverwertung mit Phosphorsäureproduktion in Südost-Niedersachsen	14
P-Net Aufbau eines Netzwerks zum ressourceneffizienten Phosphor-Recycling und -Management in der Region Harz und Heide	16
RePhoRM Regionales Phosphorrecycling im Rhein-Main-Gebiet unter Berücksichtigung industrieller und agrarischer Stoffkreisläufe	18
R-Rhenania Modifiziertes Rhenania Phosphat aus Klärschlammasche für Bayern	20
SATELLITE Verfahrenstechniken im Haupt- und Satellitenbetrieb eines interkommunalen Recyclingzentrums für ein optimiertes regionales Nährstoffrecycling	22
Kontaktdaten der Verbundpartner	25
Impressum	30

Die BMBF-Fördermaßnahme RePhoR

Regionales Phosphor-Recycling



Hintergrund und Ziele

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 in der Welt begrenzt und zunehmend verunreinigt. Deutschland, wie auch nahezu alle Länder der Europäischen Union (EU), hat keine eigenen Rohphosphatlagerstätten und ist deshalb vollständig auf Importe angewiesen. Eine wichtige Rolle zur Sicherung der zukünftigen Versorgung spielt 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 zum P-Recycling.

Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Fördermaßnahme Regionales Phosphor-Recycling (RePhoR) als Teil der BMBF-Strategie „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ auf den Weg gebracht. Ziel 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.

In RePhoR werden verschiedene Technologien zur P-Rückgewinnung aus Abwasser, Klärschlamm oder Klärschlammverbrennungsgas großtechnisch umgesetzt und wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse und praktische Erfahrungen gesammelt. Es wird die Lücke zwischen P-Rückgewinnung und P-Recycling möglichst regional geschlossen und der rückgewonnene Phosphor über die Landwirtschaft in den Nährstoffkreislauf oder als Rohstoff in die Industrie zurückführt.

Die umgesetzten regionalen P-Konzepte innerhalb von RePhoR sollen als Vorbild für andere Regionen mit vergleichbaren Bedingungen dienen und die dortigen relevanten Entscheidungsträger dabei unterstützen, das aus der Klärschlammverordnung resultierende P-Rückgewinnungsgebot in ihrer jeweiligen regionalen Einheit wirtschaftlich und nachhaltig umzusetzen.

Zeitlicher und inhaltlicher Überblick

Die Förderung innerhalb der Fördermaßnahme RePhoR erfolgt in zwei Phasen. Die 6-monatige erste Phase („Konzeptphase“) mit 19 geförderten Projekten diente der Erstellung der regionalen Konzepte zum P-Recycling und endete im Juli 2019. Daraus wurden sieben Verbundprojekte ausgewählt, die innerhalb der bis zu fünfjährigen Umsetzungsphase eine Förderung zur Realisierung ihrer Konzepte erhalten. Die Umsetzungsprojekte starteten ab 01.07.2020 und werden in dieser Broschüre vorgestellt. Sie bestehen aus mehreren Teilprojekten und Arbeitspaketen, in denen die Verbundpartner aus Wissenschaft, Wirtschaft und Praxis miteinander folgende inhaltliche Schwerpunkte der Fördermaßnahme umsetzen:

- **Regionaler Ansatz:** Hierbei werden die örtlichen Gegebenheiten und Infrastrukturen der Abwasserreinigung und Klärschlammverwertung sowie möglichst kurze Transportwege für Klärschlämme, Klärschlammverbrennungsgaschen und P-Rezyklate berücksichtigt. Es wird möglichst die gesamte Wertschöpfungskette betrachtet, um den rückgewonnenen Phosphor in die Landwirtschaft oder in die Industrie zurückzuführen. Dabei wird darauf geachtet, dass alle regional relevanten Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft, Verwaltung und Gesellschaft von Anfang an mit eingebunden werden.
- **Großtechnische P-Rückgewinnung:** Die großtechnische Umsetzung eines Verfahrens zur P-Rückgewinnung aus den Stoffströmen Abwasser, Klärschlamm oder Klärschlammverbrennungsgas ist ein entscheidender Aspekt in den Projekten. Möglich ist auch die sinnvolle Einbindung von bestehenden großtechnischen Anlagen. Mit diesen großtechnischen Umsetzungen werden Erfahrungen unter realen Bedingungen gesammelt, um die Auswirkungen auf den Kläranlagenbetrieb und die Klärschlamm Entsorgung sowie die Produktqualität der P-Rezyklate und deren Nutzung vernünftig beurteilen zu können.
- **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. Bei einer Verwendung als Düngemittel zum Beispiel ist eine gute Pflanzenverfügbarkeit bei gleichzeitiger Schadstoffarmut entscheidend. Aus diesem Grund sind Qualitätsuntersuchungen der erzeugten P-Rezyklate ein wichtiger Teil des Arbeitsprogramms der RePhoR-Projekte.

- **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.

Lenkungsreis

Die Fördermaßnahme RePhoR wird über die gesamte Laufzeit durch einen Lenkungsreis begleitet, der sich aus den Koordinatoren der Verbundprojekte, des Vernetzungsvorhabens sowie Experten aus Wirtschaft, Verbänden, Behörden und Ressorts zusammensetzt. Der Lenkungsreis 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 zusammenarbeiten. Außerdem werden gemeinsame Aktivitäten zur Verwertung und praktischen Umsetzung der Projektergebnisse und zur Öffentlichkeitsarbeit geplant.

Transfervorhaben zum Regionalen Phosphor-Recycling

Kurzbeschreibung

Das Vernetzungs- und Transfervorhaben TransPhoR setzt sich aus dem Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FIW) e.V., dem Institut für Nachhaltigkeit im Bauwesen der RWTH Aachen sowie der HGoTECH GmbH zusammen. TransPhoR beschäftigt sich mit der Synthese der Ergebnisse der Verbundvorhaben, sowie mit begleitenden fachlichen Fragestellungen. Es werden projektübergreifende Fragestellungen identifiziert und als Querschnittsthemen bearbeitet, sowie Kriterien zur Gewährung der Vergleichbarkeit der Verbundprojekte definiert.

Arbeitsschwerpunkte

- Erkenntnisanalyse und individuelle systematische Aufbereitung der analysierten Ergebnisse für spezifische Rezipienten,
- Öffentlichkeitsarbeit und Außendarstellung,
- Organisation bzw. Koordination von Arbeitstreffen, Statusseminaren und Diskussionsforen,

- Wissensaustausch und Vernetzung der Verbundvorhaben sowie der Fördermaßnahme mit internationalen und nationalen Akteuren,
- Weiterentwicklung standardisierter Prüfverfahren und Produktkriterien für die produzierten Phosphor-Rezyklate,
- Entwicklung allgemeiner Kriterien zur vergleichenden Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und Ökobilanz im Zuge einer ganzheitlichen Nachhaltigkeitsbetrachtung der regionalen Phosphor-Recycling-Ansätze.

TransPhoR unterstützt den Projektträger bei der Durchführung der Fördermaßnahme RePhoR während der gesamten Umsetzungsphase und ist zugleich Ansprechpartner für alle Beteiligten und interessierten Parteien.

Ziele

TransPhoR unterstützt die Verbundvorhaben der Fördermaßnahme RePhoR dabei, die wissenschaftlichen Erkenntnisse und praktischen Erfahrungen zur Phosphor-



Rückgewinnung auf großtechnischen Anlagen in die (Fach-)Öffentlichkeit zu transferieren. Durch die Novellierung der Klärschlammverordnung ist eine Entscheidungshilfe auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse bei der Wahl einer geeigneten Phosphor-Rückgewinnungsmethodik für die zukünftige Umsetzung der Anforderungen der Klärschlammverordnung besonders relevant geworden.

Dabei soll TransPhoR insbesondere die Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleisten und deren Verwertung durch die Verbundvorhaben unterstützen. Diese beiden Kriterien spielen vor allem bei der Nachhaltigkeitsbewertung unter Berücksichtigung von ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten eine große Rolle. Die Fördermaßnahme RePhoR wird hierzu kontinuierlich begleitet und die Verbundvorhaben in ihrer Arbeit direkt durch Leitlinien zur Nachhaltigkeitsbewertung der Phosphor-Rezyklate und die Förderung des inhaltlichen Austauschs unterstützt.

TransPhoR soll somit helfen, Antworten auf den zukünftigen Umgang mit einer der wichtigsten Ressourcen im Bereich Abwasser und der Einhaltung der neuen Rückgewinnungspflichten der Klärschlammverordnung zu bündeln.

Mit der vorliegenden Broschüre wird ein erster Überblick über die geplanten Forschungsarbeiten vermittelt. Weitere Informationen können der Internetseite der Fördermaßnahme RePhoR entnommen werden – www.bmbf-rephor.de.

Kontakt

Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FIW) e. V.
Kackertstraße 15–17
52056 Aachen

Prof. Dr.-Ing. Johannes Pinnekamp
Tel. 0241 80 2 52 07
pinnekamp@fiw.rwth-aachen.de

Dr.-Ing. Kristoffer Ooms
Tel. 0241 80 2 68 22
ooms@fiw.rwth-aachen.de

Lara Meuleneers, M.Sc.
Tel. 0241 80 2 68 21
meuleneers@fiw.rwth-aachen.de



Regionen und Untersuchungsstandorte der Verbundprojekte



- | | |
|--|---|
| 1 AMPHORE
Bottrop | 5 RePhoRM
Frankfurt am Main – Höchst |
| 2 DreiSATS
Magdeburg, Markranstädt | 6 R-Rhenania
Altenstadt |
| 3 KlimaPhoNds
Northeim | 7 SATELLITE
Hildesheim, Pattensen,
Landkreis Nienburg, Göttingen |
| 4 P-Net
Gifhorn, Braunschweig | |

RePhoR- Verbundprojekte

AMPHORE

Regionales Klärschlamm- und Aschen-Management zum Phosphorrecycling für einen Ballungsraum

Hintergrund

Mit dem Ruhrverband, der Emschergenossenschaft, dem Lippeverband, dem Wupperverband und der Linksniederrheinischen Entwässerungs-Genossenschaft (LINEG) erarbeiten erstmals fünf große sondergesetzliche Wasserverbände in Nordrhein-Westfalen gemeinsam ein umfassendes, regionales Lösungskonzept zum Phosphor-Recycling für einen der größten und vielschichtigsten Ballungsräume in Deutschland (Abb. 1). Es umfasst 139 Kläranlagen mit ca. 9% des deutschen Klärschlammfalls sowie fünf Verbrennungsanlagen, für die ab dem Jahr 2029 ein Rückgewinnungspotenzial von rd. 4.700 t P/a in Aussicht steht.

Exemplarische Wege zur Lösung der hochkomplexen rechtlichen, organisatorischen, logistischen und wirtschaftlichen Herausforderungen sollen in einem breit aufgestellten Projektkonsortium erarbeitet werden, in dem neben den genannten Wasserverbänden das Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA) der RWTH Aachen University, das Fraunhofer Institut für

System- und Innovationsforschung (ISI), das Institut für Energie- und Umweltforschung ifeu Heidelberg, die Emscher Wassertechnik GmbH und die Wupperverbandsgesellschaft für integrale Wasserwirtschaft (WiW) als Partner mitwirken. Beispielhaft für ein mögliches öffentlich-rechtliches Kooperationsmodell für Bau und Betrieb einer Anlage zur Phosphor-Rückgewinnung wurde durch die beteiligten Wasserverbände die PhosRec Phosphor-Recycling GmbH gegründet, die ebenfalls Projektpartner ist. Ergänzt wird der Verbund durch assoziierte Partner aus den Bereichen Klärschlammverwertung, Düngemittelherstellung und chemische/metallverarbeitende Industrie sowie einen begleitenden Fachbeirat.

Ziele

Auf dem Weg zu Gesamtlösungsvarianten sollen Einflussfaktoren und Wirkzusammenhänge zwischen der Qualität von Klärschlämmen/Klärschlammaschen und dem Aufwand der Phosphorrückgewinnung untersucht und in Managementkonzepten abgebildet werden. In einer großtechnischen Demonstrationsanlage soll die PARFORCE-Technologie zur Herstellung von Phosphorsäure aus Klärschlammaschen erprobt und belastbare Verfahrenskennzahlen erhoben werden. Für die Projektregion soll abschließend eine Vorzugsvariante ausgewählt werden, dabei spielen ökonomische, ökologische und strategische Überlegungen ebenso eine Rolle wie die Nutzung von Synergie- und Skaleneffekten. Diese Variante soll in eine konkrete Planung für eine langfristig angelegte Umsetzung überführt werden. Wesentliche Erkenntnisse des Projektes werden für eine Übertragung auf andere Regionen aufbereitet.

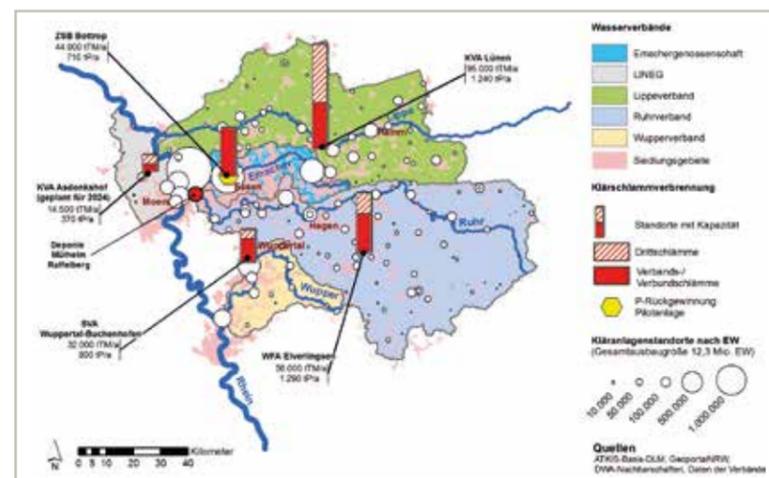


Abb. 1: Strukturen der Abwasserreinigung und Klärschlammverbrennung in der Projektregion.



Abb. 2: Kläranlage Bottrop, zukünftiger Standort der Demonstrationsanlage.

Arbeitsschwerpunkte

Ein regionsweiter Klärschlamm- und Aschenmanagement-Ansatz ermöglicht eine gezielte Erzeugung und Behandlung von Aschen unterschiedlicher Qualitäten. Bestandteile eines Klärschlammmanagements können zum einen die direkte Beeinflussung der Klärschlammqualität durch Maßnahmen wie Indirekteinleiter-Überwachung und die Auswahl von schadstoffarmen Fällmitteln sein. Zum anderen werden Optionen geprüft, eigene und fremde Klärschlämme zu bewerten und eine Zuordnung zu Verbrennungsanlagen mit zugehöriger Logistik zu konzipieren.

Technischer Kern des Projektes ist eine großtechnische Demonstrationsanlage (Zielgröße 1.000 t Asche/a), die den höher mit Schwermetallen belasteten Teil der Aschen mittels eines nasschemischen Verfahrens (angepasste PARFORCE-Technologie) über eine weitgehende Schadstoff-Wertstoff-Trennung aufbereitet. Aufgrund ihrer Flexibilität soll sie erlauben, sowohl die Auswirkungen verschiedener Qualitäten der Eingangsstoffe (Aschen und Hilfsstoffe) auf die Qualität des Phosphor-Produkts, der Nebenprodukte und Reststoffe zu untersuchen als auch gezielt verschiedene Produktqualitäten zu erzeugen. Die Auswahl des Standortes erfolgte über einen strukturierten Auswahlprozess; als ideal identifiziert wurde der kombinierte Kläranlagen- und Klärschlammverbrennungs-Standort der Emschergenossenschaft in Bottrop (Abb. 2).

In der Umsetzungsphase ermöglicht die in verschiedenen, anwendungsspezifischen Qualitäten erzeugte Phosphorsäure eine Demonstration der regionalen Einsetzbarkeit in der Düngemittelherstellung sowie der chemischen und metallverarbeitenden Industrie. Neben der späteren Nutzung der erzeugten Phosphorsäure werden in der Umsetzungsphase auch Qualitäten und mögliche Verwertungspfade der Nebenprodukte und Reststoffe (wie u. a. silikatische Rückstände, Gips und Metallkonzentrate) betrachtet, um sowohl eine möglichst hochwertige Verwertung als auch eine weitgehende Entsorgungssicherheit (z. B. über Notfallkonzepte und Deponierung) garantieren zu können.

Kontakt

Ruhrverband

Kronprinzenstraße 37
45128 Essen

Dr.-Ing. Yvonne Schneider

Tel. +49 (0) 201 178-2344
yjsc@ruhrverband.de

Laufzeit

01.07.2020 – 30.06.2022 (Phase 1)

www.ruhrverband.de/wissen/projekt-amphore/

DreiSATS

Technologiedemonstration zur Kombination von Staubfeuerung und Säureaufschlussgranulierung mit integrierter Schwermetallabscheidung für das regionale Phosphorrecycling im „Mitteldeutschen Dreiländereck“ Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen

Hintergrund

In Deutschland soll der in Klärschlämmen vorhandene Phosphor (P) zukünftig verpflichtend zurückgewonnen werden. Zukunftssichere, d.h. für die Aufgabenträger langfristig nutzbare Entsorgungsstrategien müssen das geforderte P-Recycling beinhalten und gleichzeitig maximale Entsorgungssicherheit bei größtmöglicher Wirtschaftlichkeit gewährleisten. Dafür sind robuste, an den konkreten regionalen Bedingungen orientierte, trotzdem flexible Prozessketten mit stabiler Rohstoffversorgung und gesichertem Produktabsatz die Voraussetzung.

Die Region „Mitteldeutsches Dreiländereck“ ist sowohl durch verdichtete städtische (Halle, Leipzig, Chemnitz) als auch durch ländliche Gebiete geprägt und gehört zu den landwirtschaftlich hochintensiv bewirtschafteten Regionen Deutschlands. Der überwiegende Anteil des in dieser Region anfallenden Klärschlammes wird aktuell

bodenbezogen verwertet sowie zur thermischen Verwertung aus der Region transportiert. Bereits heute ist die bodenbezogene Verwertung auf Grund von gesetzlichen Verschärfungen im Düngerecht sowie durch schwindende gesellschaftliche Akzeptanz stark rückläufig.

Ziele

Die nachhaltige und wirtschaftliche Klärschlammverwertung sowie die Herstellung und Vermarktung zugelassener Düngerprodukte zur Schließung von regionalen Nährstoffkreisläufen sind zentraler Gegenstand des Verbundvorhabens DreiSATS. Ziel des Projektkonsortiums bestehend aus Veolia Klärschlammverwertung Deutschland GmbH (VKD – Projektkoordinator), Carboteknik GmbH, LTC Lufttechnik Crimmitschau GmbH, Pontes Pabuli GmbH sowie den Forschungseinrichtungen Fraunhofer IKTS und MFPA- Materialforschungs- und -Prüfanstalt an der Bauhaus- Universität Weimar ist die Entwicklung und Demonstration einer Prozesskette für ein dezentrales Konzept zum Phosphorrecycling aus Klärschlämmen bestehend aus Trocknung, Staubfeuerung und Düngegranulatherstellung.

Ein wesentliches Ziel der geplanten Entwicklungen liegt auf der prozessintegrierten Schwermetallabtrennung während der Verbrennung bzw. in der nachgeschalteten Düngegranulatherstellung. Mittels innovative Staubfeuerung soll erstmals eine wirtschaftliche thermische Verwertung von Klärschlämmen in wesentlich kleineren Anlagengrößen als bei der konventionellen Wirbelschichttechnologie und damit der dezentrale Verwertungsansatz von DreiSATS ermöglicht werden.

Das weitere Ziel ist die Überführung der in den Aschen enthaltenen Nährstoffe in standardisierte Düngemittel,

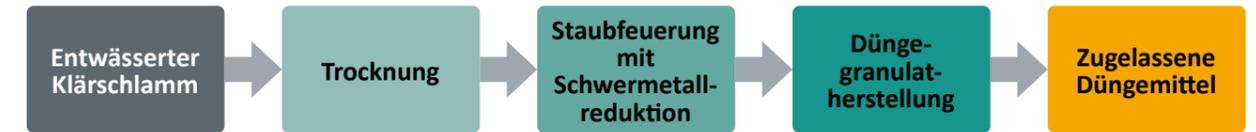


Abb 2: Technologiekette DreiSATS.

um diese in der regionalen Landwirtschaft einzusetzen. Das dafür verwendete P-Rückgewinnungsverfahren von Pontes Pabuli ist dabei ausreichend flexibel zur Anpassung der Prozessführung an die typische chemische und physikalische Schwankungsbreite der Asche, bietet die Möglichkeit zur Schwermetallabtrennung und erzeugt standardisierte Düngemittel mit entsprechend hohem Nutzungswert für den Landwirt.

Nach Projektabschluss sollen den Projektpartnern neuartige Technologien sowie eine flexibel einsetzbare Verfahrenskette zur Verfügung stehen, die im Vergleich zu den derzeit angewandten Verfahren eine wesentlich verbesserte Energie- und Materialeffizienz sowie ein deutlich breiteres Spektrum an Einsatzstoffen aufweist.

Im Projekt DreiSATS gilt es im technisch relevanten Maßstab zu demonstrieren, dass marktfähige Düngerprodukte aus Klärschlämmen in gleichbleibend guter Qualität und Menge erzeugt werden können.

Arbeitsschwerpunkte

Im Schwerpunkt 1 wird die Datenbasis zu den regional verfügbaren Klärschlämmen sowie Klärschlammaschen geschaffen. Erfasst und bewertet werden dabei die stofflichen Parameter für die spätere Nutzung in der Staubfeuerung bzw. Düngegranulatherstellung. Darüber hinaus werden die logistischen Kenngrößen für die Entwicklung eines Geoinformationssystem (GIS)-gestützte Tools zur Standortauswahl für die regionale thermische Verwertung von Klärschlamm analysiert.

In einer Konzeptstudie konnte gezeigt werden, dass die Staubfeuerung für die Verbrennung von Klärschlämmen grundsätzlich geeignet ist. Darauf aufbauend ist im Schwerpunkt 2 die Adaption für die Mono-Klärschlamm-Verbrennung sowie die Integration der Schwermetallabtrennung geplant. Im Ergebnis soll die bestehende Pilotanlage zur Staubfeuerung entsprechend umgebaut sowie um die Module zur „In-Situ-Aschemodifikation“ (Misch- und Dosiereinheit für Reaktanden) und „Heißgasfiltration“ (keramische Fil-

tersysteme) erweitert werden. Anschließend erfolgen systematische Untersuchungen zur Bewertung des Dauerbetriebs sowie die Bereitstellung von Aschen für die nachgelagerten Verfahrensschritte.

Innerhalb des Schwerpunkts 3 erfolgt die Umsetzung des Phosphorrecyclings mittels Säureaufschluss, Abtrennung der Schwermetalle und Granulation. Die Überführung und Demonstration des Pontes Pabuli-Verfahrens in den halbtechnischen Maßstab mit Ableitung von erforderlichen Prozessparametern ist dabei Hauptaugenmerk. Ziel ist die Erzeugung von Applikationsmengen an unterschiedlichen Düngern für Untersuchungen zu Düngeeigenschaften und Düngewirkung.

Im Schwerpunkt 4 wird das GIS-basierte Softwaretool durch die erzeugten Daten zu Schlamm- und Ascheeigenschaften, erzeugbaren Düngergranulaten usw. laufend weiterentwickelt.

Abschließend wird im Schwerpunkt 5 eine Prozessbilanzierung, Öko- und Treibhausgasbilanzen erarbeitet. Zur Vorbereitung der Kommerzialisierung sollen die Ergebnisse mit den identifizierten Stakeholdern analysiert und diskutiert werden.

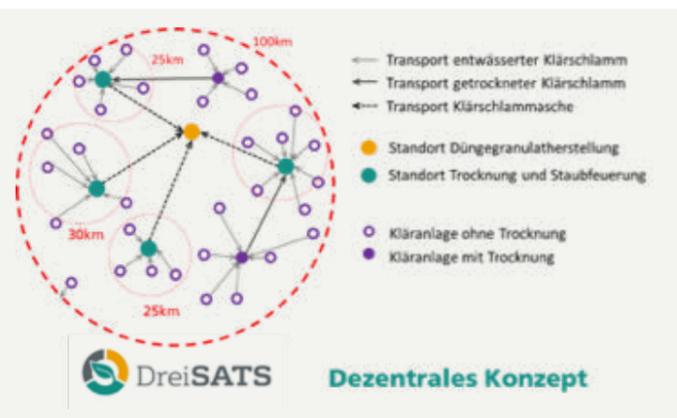


Abb. 1: DreiSATS – Dezentrales Konzept des regionalen Phosphor-Recyclings.

Kontakt

Veolia Klärschlammverwertung Deutschland GmbH
Nordstraße 15
04420 Markranstädt

Matthias Hoger
Tel.: + 49 (0) 34205 738-19
matthias.hoger@veolia.com

Claudyn Kidszun
Tel.: + 49 (0) 163 73800-28
claudyn.kidszun@veolia.com

Laufzeit
01.07.2020 – 30.06.2023 (Phase 1)

www.dreisats.de



KlimaPhoNds

Klimaneutrale und reststofffreie Klärschlammverwertung mit Phosphorsäureproduktion in Südost-Niedersachsen

Hintergrund

Phosphor ist ein essentieller und nicht substituierbarer Bestandteil aller Lebewesen. Da Deutschland keine eigenen Rohphosphatlagerstätten besitzt, soll ein Großteil der zukünftigen Versorgung mit der Rückgewinnung von Phosphor aus P-reichen Abfall-, Abwasser- und Klärschlammströmen gesichert werden, indem mit der Novellierung der Klärschlammverordnung die gesetzlichen Rahmenbedingungen für eine Pflicht zur P-Rückgewinnung geschaffen wurden. Weil zusätzliche Pflichtaufgaben in der Regel mit einem Zusatzbedarf an Energie und Ressourcen verbunden sind, wird es umso schwieriger, gleichzeitig die Klimaschutzziele der Bundesregierung hin zu einer klimaneutralen Gesellschaft zu berücksichtigen. Nachhaltige Lösungen zur P-Rückgewinnung, die auf möglichst kosteneffiziente Weise auch unsere Klimaschutzziele und die weitergehende Schonung unserer Ressourcen berücksichtigen, sind gefragt. Im Rahmen der vorausgegangenen Studie wurde deshalb aus verschiedenen dezentralen und zentralen Ansätzen ein Konzept erarbeitet, das den genannten Anforderungen zur gleichzeitigen

Minimierung von CO₂-Emissionen und des Ressourcenverbrauches gerecht wird, aber auch das Potenzial besitzt, kosteneffizient zu bleiben. Das Konzept ist auf Kläranlagen mit Bio-P-Elimination zugeschnitten, da diese in Niedersachsen im Vergleich zu anderen Bundesländern überproportional vertreten sind. Es verfolgt den Ansatz, am Beispiel der Kläranlage Northeim (siehe Bild 1) dezentral Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat) zu gewinnen und dieses zentral zu Phosphorsäure zu veredeln.

Ziele

Das Projekt verfolgt mehrere Einzelziele:

1. Erhöhung der Bio-P-Fixierung, P-Rücklösung und P-Entnahme auf der Kläranlage Northeim zum Nachweis der Unterschreitung von 20 g P/kg TR im entwässerten Schlamm (TRL9).
2. Veredelung des Struvits zu hochwertigen Produkten Phosphorsäure, Magnesiumchlorid und Ammoniakwasser mittels Kalzinierung und Parforce Technik (TRL8).



Bild 1: Kläranlage Northeim.



Bild 2: Beispiel eines Wirbelschichtverdampfungstrockners, der an Klärschlamm anzupassen ist.

3. Planung, Bau, Demonstration eines Wirbelschichtverdampfungstrockners für eine nahezu wärme-neutrale Volltrocknung von Klärschlamm (TRL8).
4. Demonstration einer reststofffreien Klärschlammverwertung (TRL9).
5. Nachweis einer CO₂-Emissionsminderung für Klärschlammverwertung sowie Produktgewinnung aus Struvit anhand von Ökobilanzierungen.
6. Nachweis notwendiger Qualitätsanforderungen und der Verwertung für gewonnene Produkte im Tonnenmaßstab.

Arbeitsschwerpunkte

Zunächst ist ein Umbau der Kläranlage zur weiteren Erhöhung der Bio-P-Elimination vorgesehen. Der Umbau betrifft die Umstellung der Schlammentwässerung von einer Kalkkonditionierung auf eine Konditionierung mit Kartoffelstärke oder Polymer mit dem Ziel, die Phosphatfracht des Primärschlammes zu reduzieren und die P-Fracht in die Belebung zu erhöhen. Hierzu sind Planungsarbeiten, technische Entwässerungsversuche und Umbaumaßnahmen vorgesehen.

Es ist ferner geplant, ein umfangreiches Mess- und Versuchsprogramm sowie eine Prozessoptimierung vorzunehmen zur Erhöhung der Bio-P-Fixierung im Belebtschlamm, aber zur auch experimentell-bilanziellen Absicherung einer Unterschreitung von 20 g P/kg TS im entwässerten Schlamm. Diese Absicherung ist Voraussetzung für die Planung, den Bau und den Betrieb der großtechnischen Phosphatgewinnungsanlage (TRL9).

Ein im Abwasserbereich vollkommen neuer Ansatz ist die Wirbelschichtverdampfungstrocknung, die bei Über-



druck in reiner Wasserdampf-atmosphäre erfolgt. Für die Kläranlage Northeim soll eine entsprechende Anlage geplant, gebaut und installiert werden, um phosphatarmen, vollgetrockneten Klärschlamm ohne Zusatzwärme, d.h. durch mehrfache Wärmenutzung zu produzieren. Technische Wirbelschichtverdampfungstrockner haben je nach Überdruck eine Wasserverdampfungsleistung von 10 bis größer 60 t Wasser pro Stunde (s. Bild 2), so dass die Aufgabe im Projekt ein Down-scaling zu deutlich kleineren Anlagen im Bereich 0,2 bis 2 t Wasser pro Stunde beinhaltet. Dementsprechend sind auch neue konstruktive Lösungen zu erarbeiten.

Für die Veredelung von Struvit werden an vorhandenen Pilotanlagen in Clausthal-Zellerfeld (Kalzinierung) und Freiberg (Parforce Technologie) optimale Prozessparameter ermittelt, Planungs- und Umbaumaßnahmen durchgeführt sowie in der zweiten Phase Demonstrationsversuche im Tonnenmaßstab umgesetzt. Dabei steht u.a. auch die Qualitätssicherung und die Verwertung der gewonnenen Produkte Ammoniakwasser, Phosphorsäure und Magnesiumchlorid im Vordergrund. Die Verwertung des gewonnenen Magnesiumchlorids wird anhand einer Rückführung zur Kläranlage Northeim geprüft und mit kommerziellen Produkten verglichen. In dieser zweiten Phase erfolgt auch der technische Betrieb des Verdampfungstrockners mit Verwertung des vollgetrockneten Klärschlammes in der Zementindustrie (TRL9) zur Einsparung von CO₂-Emissionen, aber auch zur vollständigen rohstofflichen Verwertung.

Der abschließende Arbeitsschwerpunkt beinhaltet eine Bewertung des Gesamtkonzeptes in technischer, ökologischer und wirtschaftlicher Hinsicht, wobei die Verwertung des getrockneten Schlammes in einer Verbrennungsanlage auch betrachtet wird.

Kontakt

CUTEC-Forschungszentrum der TU Clausthal
Leibnizstraße 23
38678 Clausthal-Zellerfeld

Prof. Dr.-Ing. Michael Sievers
Tel: +49 (0) 5323 72-6243
michael.sievers@cutec.de

Laufzeit

01.10.2020 – 30.09.2023 (Phase 1)

www.klimaphonds.de

P-Net

Aufbau eines Netzwerks zum ressourceneffizienten Phosphor-Recycling und -Management in der Region Harz und Heide

In der großtechnischen Umsetzung zur Phosphorrückgewinnung haben sich in den letzten Jahren im Wesentlichen Verfahren durchgesetzt, die mittels Fällung und Kristallisation kristalline Phosphorprodukte erzeugen, unter anderem Magnesium-Ammonium-Phosphat (Struvit). P-Net forscht an den offenen Fragen dieser Technologieschiene („Struvit-Schiene“), um sie für das Inkrafttreten der novellierten Klärschlammverordnung fit zu machen. Die Vorteile dieser Anlagen in der Düngemittelproduktion sollen damit erhalten bleiben und breiter nutzbar gemacht werden. Der Fokus liegt dabei auf der Etablierung eines regionalen Netzwerkes zur Kreislaufführung des Phosphors und auf der Stärkung der Struvit-Schiene.

Hintergrund

Aktuell wird der in der deutschen Landwirtschaft genutzte Phosphordünger größtenteils importiert. Bisher weitgehend ungenutzt bleiben dabei deutsche Potenziale im Bereich der Sekundärrohstoffe wie z. B. Abwasser als einer Phosphorquelle. Das Potenzial für die Rückgewinnung von Phosphor aus dem Abwasser ist groß und die dafür notwendige Technik vorhanden. Im Zuge der Novellierung der Klärschlammverordnung (AbfKlärV 2017) müssen Kläranlagenbetreiber ab bestimmten Ausbaugrößen mindestens 50% der Phosphormenge aus Klärschlamm zurückgewinnen. Auf Grund der aktuellen Entwicklung in Richtung der Klärschlamm-Monoverbrennung steht zu befürchten, dass die Anlagen, welche bereits eine Fällung zur Phosphorrückgewinnung etabliert haben, zukünftig abermals eine Anpassung ihrer Verfahrenstechnik benötigen, um die in der novellierten Klärschlammverordnung geforderten P-Rückgewinnungsquoten zu erfüllen. Die Vorteile von Anlagen, die Phosphorrückgewinnung über die Struvit-Schiene betreiben, gingen damit verloren; und damit auch die Möglichkeit der Erzeugung eines hochwertigen Düngemittels vor Ort. Auch ist es bisher

nicht gelungen, einen durchgängigen Vermarktungsweg für die in den Struvit-Anlagen erzeugten P-Rezyklate aufzubauen. Die Gründe hierfür sind vielfältig.

Ziele

Vor diesem Hintergrund hat sich P-Net das Ziel gesetzt, die Probleme und offenen Fragestellungen der Struvit-Schiene aufzugreifen und an Lösungen zu arbeiten. Der durch die Novellierung der Klärschlammverordnung gesetzte Impuls wird dadurch in einen Katalysator gerade auch für die Struvit-Anlagen umgewandelt. Das übergeordnete Ziel von P-Net ist es daher, bereits bestehende Struvit-Anlagen zur P-Rückgewinnung so weit zu optimieren, dass sie in wirtschaftlicher Betriebs-



Abb. 1: Übersicht der in der Region zwischen Harz und Heide vorhandenen Struvit-Anlagen (blau) und des geplanten Struvit-Hubs (rot).



Abb. 2: Großtechnische Struvit-Anlage auf der Kläranlage Braunschweig.

weise zukünftig auch die Anforderungen der novellierten Klärschlammverordnung erfüllen. Darüber hinaus soll ein regionales Netzwerk zum P-Recycling etabliert werden, das ausgehend von den heutigen Produzenten von P-Rezyklaten ausgebaut wird, die aber bisher nicht den Weg zurück in den Markt finden.

Dieses regionale Verwertungsnetzwerk wird in der Region Harz und Heide etabliert. Hier bestehen bereits eine Vielzahl solcher Anlagen, u. a. die der Projektpartner in Braunschweig und Gifhorn. Darüber hinaus soll ein durch den Projektpartner Soepenbergl betriebener Struvit-Hub entstehen, der standardisierte Düngemittel in der Region konfektioniert, gemeinsam mit Landwirten erprobt und die Produkte auf den Markt bringt.

Arbeitsschwerpunkte

Um die verfahrenstechnische Ertüchtigung der Anlagen für die erforderliche Rückgewinnungsrate zu erreichen, wird u. a. mit einer zusätzlichen Verfahrensstufe zur erhöhten biologischen Phosphorremobilisierung

gearbeitet. Das Verfahren wird im Projekt weiterentwickelt und in die Großtechnik übertragen.

Darüber hinaus soll die großtechnische Anbindung der Struvit-Schiene an die Behandlung anderer Stoffströme (u. a. Gelbwasser) erweitert werden und damit eine potenzielle Anschlussfähigkeit an Neuartige Sanitärsysteme (NASS) ermöglichen. So trägt P-Net dazu bei, dass bestehende Struvit-Anlagen mit geringem Aufwand zukunftssicher optimiert werden können, und auch zukünftig eine Alternative zum P-Recycling via Monoverbrennung angeboten werden kann.

Unter Berücksichtigung der Stoffstromvarianten sollen zur Verallgemeinerung der Ergebnisse auch mögliche Zukunftsszenarien für das Technologiesegment der Fällung und Struvitherstellung entwickelt und Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Die Szenarien werden gemeinsam mit externen Experten und den Projektpartnern erarbeitet.

Neben dem erwähnten Verwertungsnetzwerk zur Marktplatzierung der Dünger in der Region strebt der Verbund über nationale und internationale Struvitwerkstätten die Etablierung von weiteren Kompetenznetzwerken an. Hier können sich Anlagenbetreiber von P-Net bzgl. der notwendigen Anlagenertüchtigung und -optimierung sowie der Vermarktung von Struvit beraten lassen und dazu austauschen. Die Ergebnisse aus P-Net werden in den Struvitwerkstätten vorgestellt, diskutiert und bewertet.

Auch ist es P-Net ein Anliegen, darüber die Anschlussfähigkeit deutscher Unternehmen an den internationalen Markt für P-Recycling zu halten, der sich zu einem großen Teil auf die Struvit-Fällung konzentriert.

Kontakt

Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig
Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISWW)

Pockelsstr. 2a
38106 Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Dockhorn
Tel. +49 (0) 531 391 7937
t.dockhorn@tu-braunschweig.de

Laufzeit

01.07.2020 – 30.06.2023 (Phase 1)

RePhoRM

Regionales Phosphorrecycling im Rhein-Main-Gebiet unter Berücksichtigung industrieller und agrarischer Stoffkreisläufe

Hintergrund

Die Metropolregion FrankfurtRheinMain als wachsender Ballungsraum mit derzeit ungefähr 5,8 Millionen Einwohnern ist gekennzeichnet durch dominierende Großstädte (Mainz, Wiesbaden, Frankfurt, Darmstadt) im Zentrum der Region sowie durch kleinere Städte und Gemeinden in den Einzugsgebieten. Daraus resultieren unterschiedliche Größen der Abwasserverbände / Kläranlagen und divergierende Ausgangssituationen hinsichtlich der Klärschlamm Entsorgung. Im Hinblick auf die geänderten Regelungen zur landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung und die geforderte Phosphorrückgewinnung werden im Ballungsraum zunehmend Mono-Klärschlammverbrennungsanlagen zur Sicherung der Entsorgungswege projektiert und umgesetzt. So befinden sich in einem Radius von ca. 45 km bereits drei Mono-Klärschlammverbrennungsanlagen im Betrieb bzw. im (Um) Bau, deren Betreibergesellschaften grundsätzlich unterschiedlich organisiert sind.

Wenn zukünftig die Mono-Verbrennungskapazitäten im Rhein-Main-Gebiet ausgebaut sind, wird das P-Recycling aus den Aschen den eigentlichen Engpass der Verwertungsstrategien darstellen. Aufgrund der unterschiedlichen Ausgangssituationen und Größen der Abwasserverbände/Kläranlagen sowie dem mit einem P-Recycling verbundenen Mehraufwand erscheint eine zentrale Lösung vorteilhaft.

Ziele

Aus technologischer Sicht verfolgt das RePhoRM-Verbundvorhaben das Ziel einer großtechnischen Implementierung einer Technologie zur P-Rückgewinnung aus Klärschlamm asche mit dem Fokus einer regionalen Verwertung des P-Rezyklats. Im Einklang mit der hessischen Ressourcenschutzstrategie soll als Phosphorzyklus ein Düngemittelgranulat erzeugt werden, welches direkt zur Schließung des regionalen Nährstoffkreislaufes



Abb. 1: Schlamm-Entwässerungs- und Verbrennungs-Anlage (SEVA) der Stadtentwässerung Frankfurt am Main in Sindlingen.

in der Landwirtschaft eingesetzt werden kann. Im Rahmen des Vorhabens wird daher die PHOS4green-Technologie zur Erzeugung eines Düngemittelgranulats um eine Schwermetallentfrachtung der (Input-)Klärschlamm aschen modular erweitert und das Verfahren großtechnisch im Industriepark Höchst umgesetzt.



Abb. 2: Durch die PHOS4green-Technologie erzeugtes Düngemittelgranulat aus Klärschlamm asche.

Die Beteiligung mehrerer Betreiber von Abwasserreinigungs- und Klärschlammverbrennungsanlagen soll als kooperative, öffentlich-private Partnerschaft erfolgen. Diese benötigt einen tragfähigen rechtlichen und organisatorischen Rahmen zur Ausgestaltung der langfristigen Zusammenarbeit, welchen die Projektbeteiligten in RePhoRM ebenfalls erarbeiten. Ein weiteres Ziel ist, eine Verbundlösung zum P-Recycling zu erarbeiten, die einen angemessenen Interessensausgleich zwischen den gebührenfinanzierten Betreibern und den privatwirtschaftlichen Unternehmen der Recyclingbranche herstellt.

Das Erreichen dieser Ziele wird durch eine interdisziplinäre Bearbeitung sichergestellt. Repräsentiert durch die unterschiedlichen Verbundpartner aus Kommune, Industrie, Recht und Wissenschaft erfolgt dabei eine ganzheitliche Betrachtung und Bewertung. Mit der Umsetzung des Konzepts des Verbundvorhabens RePhoRM wird für eine der wichtigen Metropolregionen Deutschlands mit bereits gut entwickelter Infrastruktur zur Monoverbrennung von Klärschlamm die nachhaltige Nutzung der Ressource Phosphor gestärkt.

Arbeitsschwerpunkte

Das Vorhaben setzt sich aus 4 Hauptarbeitspaketen zusammen, die von je einem Arbeitspaket zum Ergebnistransfer (AP T) und zur Projektkoordination (AP K) flankiert werden. Zunächst werden die Grundlagen detailliert und validiert (AP 1), dann die technische Umsetzung erarbeitet (AP 2) sowie diese ökologisch und ökonomisch bewertet (AP 3). Zudem wird die organisatorische Ausgestaltung eines P-Recyclingverbunds (AP 4) formuliert und geprüft. In AP 1 werden die Klärschlamm- sowie Klärschlamm asche ströme der beteiligten Betreiber qualitativ sowie quantitativ erfasst und bilanziert sowie in die übergeordnete Verbundlösung zusammengeführt. Eintragungsschwerpunkte von Schwermetallen in das

Abwassernetz werden am Beispiel der Stadtentwässerung Frankfurt am Main detektiert sowie potenzielle Maßnahmen zur Minimierung des Schwermetalleintrags erarbeitet. Die gewonnenen Ergebnisse bilden die Eingangsgrößen für die Auslegung der Phosphorrückgewinnung. In AP 2 werden Verfahren zur Schwermetallentfrachtung aus Aschen identifiziert und an die vorliegenden Rahmenbedingungen adaptiert. Zunächst erfolgen Untersuchungen zur Schwermetallentfrachtung sowie zur Sprühgranulation im Labormaßstab. Die Auswirkungen der Vorbehandlung auf den Gesamtprozess werden ganzheitlich betrachtet und optimiert. In einer halbtechnischen Demonstrationsphase erarbeitet der Verbund die technischen Dimensionierungsgrundlagen für die großtechnische Umsetzung der erweiterten PHOS4green-Technologie. Verschiedene Stoffströme, der Betriebsmittel- sowie der Energiebedarf werden bilanziell erfasst, abgebildet sowie das Verfahren optimiert. Nach erfolgreicher Demonstration erfolgt die großtechnische Umsetzung auf dem Industriepark Höchst. Entwicklungsbegleitend erfolgt in AP 3 eine ökonomische Betrachtung des Verfahrens, um frühzeitig eine ökologisch nachhaltige Lösung zu fokussieren. Die Bearbeitung ökonomischer (AP 3) sowie rechtlicher Fragestellungen und Sachverhalte (AP 4) bilden die Basis des AP 4 für die Umsetzung und organisatorische Ausgestaltung eines P-Recyclingverbunds im Rhein-Main-Gebiet.

Kontakt

**Technische Universität Darmstadt,
Institut IWAR Fachgebiet Abwassertechnik**
Franziska-Braun-Straße 7
64287 Darmstadt

Prof. Dr.-Ing. Markus Engelhart
Tel.: +49 (0) 6151 16 20301
m.engelhart@iwar.tu-darmstadt.de

Laufzeit

01.07.2020 – 31.05.2023 (Phase 1)

www.iwar.tu-darmstadt.de/rephorm

R-Rhenania

Modifiziertes Rhenania Phosphat aus Klärschlammasche für Bayern

Hintergrund

In Bayern wird Klärschlamm aus der kommunalen Abwasserreinigung weitgehend verbrannt. Monoverbrennungsanlagen – ausschließlich für kommunalen Klärschlamm – gibt es in Altenstadt, München, Gendorf, Straubing, Neu-Ulm und zukünftig auch in Augsburg. Die Anlage in Altenstadt verbrennt jährlich ca. 55.000 t Klärschlamm-Trockensubstanz und produziert dabei rund 15.000 t phosphatreiche Aschen.

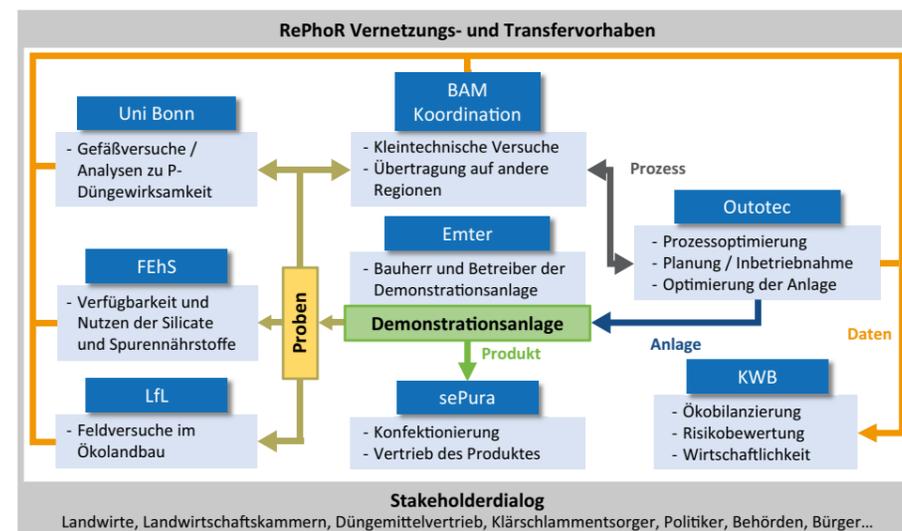
Die Asche aus Altenstadt wird zurzeit überwiegend direkt landwirtschaftlich genutzt. Aufgrund der niedrigen Schadstoffgehalte ist diese Nutzung nach den düngemittelrechtlichen Regelungen gesetzlich zulässig. Um der Intention der neuen Düngeverordnung (26. Mai 2017) nach hocheffizienten, d.h. gut pflanzenverfügbaren Düngemitteln zu entsprechen, ist eine Aufbereitung der Klärschlammasche geplant. Im Rahmen des R-Rhenania Projektes errichten der Betreiber der Klärschlammverbrennungsanlage Altenstadt in Bayern Emter GmbH – und der Düngemittelhersteller sePura GmbH gemeinsam eine AshDec®-Demonstrationsanlage, die im Jahr 2023 den Betrieb aufnehmen soll. Das

angewandte AshDec®-Verfahren schließt die Phosphate in der Klärschlammasche thermisch im Drehrohrofen auf und macht diese für Pflanzen vollständig verfügbar. Gleichzeitig werden Schadstoffe wie Arsen, Blei und Cadmium entfernt. Den thermischen Aufschluss kennt man bereits vom erfolgreichen, aber nicht mehr produzierten Düngemittel „Rhenania-Phosphat“, das auf der Basis von Rohphosphaten hergestellt wurde.

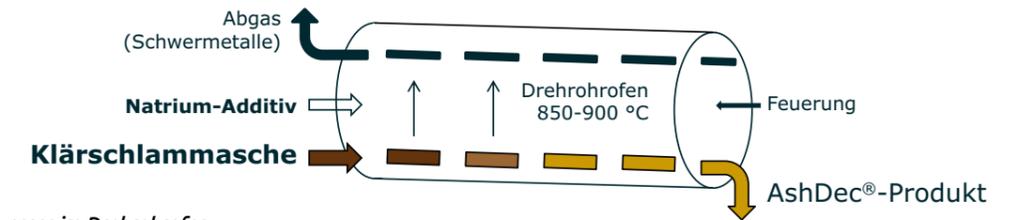
Die geplante Anlage wird neben den Aschen aus Altenstadt zusätzlich die Aschen aus weiteren bayerischen Verbrennungsanlagen verwerten und für eine Kapazität von 30.000 Jahrestonnen Asche ausgelegt sein. Der Projektpartner sePura plant den produzierten Dünger vollständig in Bayern zu verwerten. Dies verringert die Umweltbelastung durch lange Transportwege und fördert die Regionalität des Vorhabens.

Ziele

Ziel des R-Rhenania Projektes ist die großtechnische Demonstration des AshDec®-Verfahrens am Standort Altenstadt und die Bereitstellung möglichst umfassender Informationen zum Verfahren, zur Qualität des AshDec®-Produktes, zur Umweltverträglichkeit dieser Verwertungsoption und zur Übertragbarkeit auf weitere Regionen.



Struktur des R-Rhenania-Projekts



Schema des AshDec®-Prozesses im Drehrohrofen

Arbeitsschwerpunkte

Das AshDec®-Verfahren wurde in den vergangenen Jahren in zahlreichen kleintechnischen Untersuchungen erprobt. Durch den Einsatz der für den großtechnischen Betrieb vorgesehenen Ausgangsmaterialien können bereits vor Inbetriebnahme der Demonstrationsanlage AshDec®-Produkte im technischen Maßstab hergestellt und für agrarwissenschaftliche Untersuchungen bereitgestellt werden. Die Feldversuche im ökologischen Landbau werden durch die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft an drei Standorten in Bayern mit der dreijährigen Fruchtfolge Mais, Wintergetreide und Klee gras durchgeführt. Die Universität Bonn erprobt die Wirkung der Dünger in Gefäßversuchen mit verschiedenen Nutzpflanzen auf repräsentativen Böden. Zusätzlich untersucht das FEHS-Institut die Verfügbarkeit von Silicium und Spurennährstoffen (Mangan, Kupfer und Zink) für die Pflanze (u.a. in Gefäßversuchen). Die positiven Wirkungen auf die Pflanzengesundheit als auch die möglichen phytotoxischen und ernährungs-toxikologischen Auswirkungen werden eingeschätzt.

Die Prozessparameter aus dem Betrieb der Demonstrationsanlage und Informationen zur gesamten Prozesskette von Logistik, Kosten, Erlösen, Ausgangsmaterialien bis zur Düngemittelanwendung verwendet das KWB für eine Ökobilanzierung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Demonstrationsanlage. Diese wird mit Referenzszenarien (u.a. der Direktverwertung der Asche) verglichen. Zusätzlich wird eine Risikobewertung des AshDec®-Produktes unter Betrachtung der Schadstofffreisetzung und -aufnahme für Mensch, Ökosystem und Grundwasser durchgeführt und somit abgeschätzt, welche der untersuchten Betriebsweisen zur Risikominimierung geeignet sind.

Kleintechnische Untersuchungen und Erfahrungen aus dem Betrieb der Demonstrationsanlage werden für die Adaption des AshDec®-Verfahrens auf andere Klärschlammaschen verwendet. Dafür plant die BAM Klärschlammaschen aller Monoverbrennungsanlagen in

Deutschland und weiterer Verbrennungsanlagen aus dem Ausland auf deren Gehalte an Nährstoffen und Schwermetallen zu untersuchen. Ausgewählte Aschen z.B. stärker belastete Klärschlammaschen werden anschließend mit dem AshDec®-Verfahren im kleintechnischen Maßstab bei der BAM und bei der Firma Outotec GmbH behandelt und anschließend auf ihre Düngewirkung von der Universität Bonn und dem FEHS-Institut untersucht. Basierend auf diesen kleintechnischen Untersuchungen wird exemplarisch eine großtechnische AshDec®-Anlage für stärker schwermetallbelastete Klärschlammaschen von der Firma Outotec GmbH ausgelegt. Diese Auslegung evaluiert das KWB im Vergleich mit alternativen Technologieansätzen. Die Evaluation basiert auf ökobilanziellen und ökonomischen Betrachtungen sowie auf logistischen Überlegungen wie der Verfügbarkeit von Einsatzstoffen und dem Vertrieb der Produkte. Die Universität Bonn und das FEHS-Institut führen eine Recherche zu den rechtlichen Vorgaben und möglichen Anwendungsbeschränkungen für die Inverkehrbringung des erzeugten Düngers gemäß nationalen und europäischen Gesetzgebungen durch.

Kontakt

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
Fachbereich 4.4 Thermochemische Reststoffbehandlung und Wertstoffrückgewinnung
 Richard-Willstätter-Straße 11
 12489 Berlin

Dr.-Ing. Christian Adam
 Tel.: +49 (0) 30 8104 5670
christian.adam@bam.de

Hannes Herzel
 Tel.: +49 (0) 30 8104 5680
hannes.herzel@bam.de

Laufzeit

01.07.2020 – 30.06.2023 (Phase 1)
www.bam.de/r-rhenania

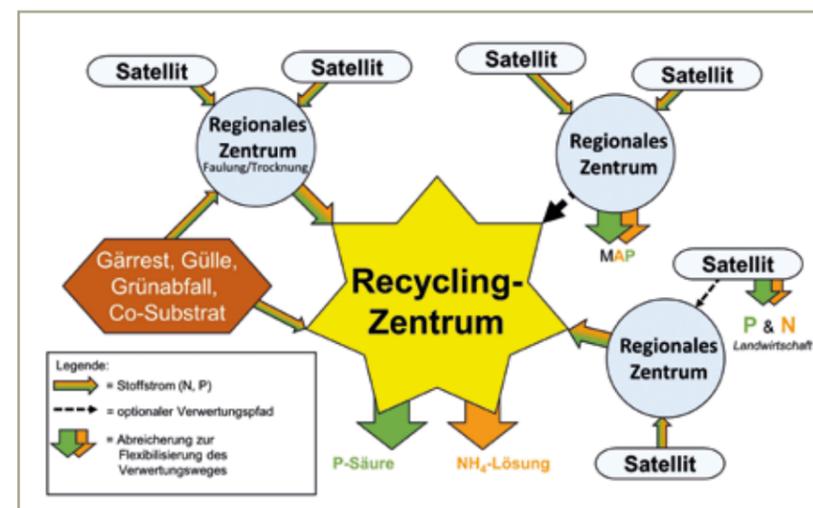
SATELLITE

Verfahrenstechniken im Haupt- und Satellitenbetrieb eines interkommunalen Recyclingzentrums für ein optimiertes regionales Nährstoffrecycling

Hintergrund

Mit Verabschiedung der Klärschlamm- und Düngeverordnung in 2017 sehen sich insbesondere die Kommunen der nördlichen Bundesländer der Aufgabe gegenüber, ihre bisherigen Klärschlammverwertungsstrategien (> 60% landwirtschaftliche, bodenbezogene Verwertung mit ergänzender Qualitätskontrolle) grundlegend umzugestalten. Das Projekt SATELLITE bietet mit dem Konzept der Umsetzung eines umfassenden interkommunalen Verbundes (gemeinsame Konzeptionierung und Bewirtschaftung von Anlagen regionaler Zentren (> 50.000 EW), deren Satelliten (Kläranlagen < 50.000 EW) sowie der Integration relevanter landwirtschaftlicher Nährstoffquellen (Gülle, Biogasanlagen) beispielhaft für die Region Südliches Niedersachsen einen Kristallisationspunkt für eine langfristig abgesicherte strategische Investitionsplanung zur Umsetzung eines nachhaltigen, regionalen Nährstoffrecyclings für stark landwirtschaftlich geprägte Regionen.

Zuordnung der Teilprojekte zu den Modellregionen, und -Standorten in SATELLITE



Am 26.3.2019 wurde die Kommunale Nährstoffrückgewinnung Niedersachsen GmbH (KNRN) gegründet. Zweck der Gesellschaft ist Planung, Finanzierung, Bau, Betrieb und Logistik einer Mono-Klärschlammverbrennungsanlage am Standort Hildesheim mit einer Kapazität von 33.500 t (TR) im kommunalen Verbund. Die kommunale Interessensbündelung in einer GmbH (Risikoverteilung) und die gemeinsame Projektentwicklung ermöglicht eine kurzfristige Umsetzung innovativer, tragfähiger Entsorgungs- und Rückgewinnungskonzepte auch für kleinere und mittlere Kommunen bei gleichzeitig hoher Entsorgungssicherheit.

Ziele

Mit seinen Untersuchungen unterstützt SATELLITE die Bewertung und Auswahl der dem eigentlichen Verbrennungs- und Phosphor-Rückgewinnungsprozess vor- und nachgelagerten relevanten Verfahrensschritte auf den zuliefernden Kläranlagen. Ziel ist es, für das zentrale Recycling-Zentrum eine optimale Klärschlammqualität (Heizwert, P-Gehalt) zum optimalen Zeitpunkt (gleichmäßige Auslastung) mit dem geringsten Umweltimpact (Transport) bereitzustellen. Gleichzeitig wird durch angepasste Verfahrensauswahl, regionale Wertstoffrückführung und Unterstützung bei der Bewirtschaftung eine positive Bilanz für die anliefernden regionalen Zentren angestrebt.

Im Rahmen der Umsetzung des KNRN und die notwendige Anpassung der regionalen Kläranlagentechnik steht allein für den hier betrachteten Projekt-Verbund eine hohe zweistellige Millionen-Investi-

tion an. Ziel von SATELLITE ist daher zu zeigen, wie durch die Umsetzung einer modellunterstützten strategischen Investitionsplanung der einzelnen Anlagen des Verbundes eine ortsspezifisch angepasste Anlagentechnik ausgewählt und umgesetzt werden kann, die die Klärschlammqualitäten und damit die Wirtschaftlichkeit der Phosphorrückgewinnung gezielt positiv beeinflusst. Auf Basis von Modellrechnungen wird die Abstimmung der Anlageninvestitionen unterstützt und hier insbesondere die Ausgestaltung der energetisch relevanten Entwässerung/Trocknung im Gesamtverbund unter verfahrenstechnischer Einbindung der Stickstoffrückbelastung durch Brüden. Weitere Ziele sind die Entwicklung eines angepassten Logistikkonzepts und Managementtools unter Einbeziehung unterschiedlicher Transportmittel (Schiff, Bahn, LKW) und Klärschlammqualitäten sowie die Unterstützung einer erhöhten regionalen Wertstoffrückführung durch Einbindung der regional verfügbaren Wirtschaftssubstrate (Biogaspotential) in das Substratmanagement und Ansätze zur zeitlichen Entkopplung der Nährstoffbereitstellung vom Nährstoffanfall durch eine bedarfs- und nutzerorientierte Rezyklataufbereitung und -lagerung.

Arbeitsschwerpunkte

Neben der großtechnischen Verfahrenserprobung in Hildesheim, Pattensen und Göttingen werden zwei Versuchszentren aufgebaut und betrieben. Eines wird in Hildesheim am Standort der Stadtentwässerung Hildesheim (SEHi) betrieben, das andere am Standort der Raiffeisen Agil Leese eG in Leese bzw. auf dem Klärwerk Stadt Nienburg/Weser. Als Modellregion innerhalb der Projekts dient der Landkreis Nienburg.

Es werden folgende Konzepte verfahrenstechnisch betrachtet:

1. Eine gezielte Fixierung von Phosphor als Kalzium- und/oder Magnesium-Ammonium-Phosphat vor und nach der anaeroben Schlammstabilisierung mit Erprobung angepasster Ausschleusungsstrategien
2. Eine ergänzende Rückgewinnung von Stickstoff über Eindampfung/Strippung in energetischer Nähe i) des Recyclingzentrums, ii) von Biogasanlagen bzw. iii) im stand-alone-Betrieb einer kommunalen Kläranlage im Vergleich zur optimierten Reduzierung der N-Rückbelastung mittels Deammonifikation

3. Eine Integration von alternativen regional verfügbaren Substraten wie Gülle und anderen Wirtschaftssubstraten (z. B. industrielle Abwässer) in das Schlamm-, Energie und Nährstoffmanagement der regionalen Kläranlagen bzw. des Verbunds
4. Möglichkeiten einer qualitativen Vorkonfektionierung der Klärschlämme in Abstimmung auf den optimalen Betriebspunkt des Recyclingzentrums und einen robusten und wirtschaftlichen Betrieb der Kläranlagen
5. Die technisch-betriebliche Umsetzung einer „Teilstabilisierung“ für Kläranlagen im Satellitenbetrieb mit dem Ziel eines ökologisch-ökonomisch optimierten Verbundbetriebs (Gasertrag, Belüftung, Lagerung etc.).

Mit den im Projekt aufgebauten Basismodellen zu den untersuchten Prozessstufen i) N-Rückbelastung/Strippung, ii) Trocknung und iii) P-Ausschleusung/-bindung erfolgt zunächst auf Basis von Szenarienanalysen eine für den Verbund abgestimmte Verfahrens- und Investitionsplanung für charakteristische kommunalen Kläranlagen des Verbunds bzw. die Modellregion LK Nienburg (Semizentrale Schlammbehandlung). Die Bewirtschaftung der Anlagen in der Betriebsphase des KNRN bzw. in der Übergangsphase bis zur vollständigen Umsetzung der P-Rezyklierung erfolgt anschließend über die Ausformulierung des Gesamt-Modells und die Entwicklung und Erprobung angepasster Logistikkomponenten für Lagerung und Transport der Produkte (flüssige Makronährstoffe wie Phosphorsäure aus der Ascheaufbereitung oder Ammoniakwasser aus der Strippung).

Kontakt

ISAH Leibniz Universität Hannover
Welfengarten 1
30167 Hannover

Dr.-Ing. Maïke Beier
Tel.: +45 (0) 762 2898
beier@isah.uni-hannover.de

Laufzeit

01.07.2020 – 30.06.2023 (Phase 1)



Kontakt Daten der Verbundpartner

TransPhoR

Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e.V.

Kackertstr. 15–17
52072 Aachen
Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Johannes Pinnekamp
Dr.-Ing. Kristoffer Ooms
ooms@fiw.rwth-aachen.de
Lara Meuleneers, M. Sc.
meuleneers@fiw.rwth-aachen.de

HGoTECH GmbH

Karlobert-Kreien-Strasse 13
53115 Bonn
Prof. Dr. Heiner Goldbach
goldbach@hgotech.de
Dipl.-Ing. Christian Heck
heck@hgotech.de

INAB der RWTH Aachen University Institut für Nachhaltigkeit im Bauwesen

Mies-van-der-Rohe-Str. 1
52074 Aachen
Univ.-Prof. Dr. Ing. Marzia Traverso
marzia.traverso@inab.rwth-aachen.de
Dr.-Ing. Roland Meyer
roland.meyer@inab.rwth-aachen.de
Anna Luthin, M.Sc.
anna.luthin@inab.rwth-aachen.de

TUTTAHS & MEYER Ingenieurgesellschaft für Wasser-, Abwasser- und Energiewirtschaft mbH

Bismarckstrasse 2-8
52066 Aachen
Prof. Dr.-Ing. Markus Schröder
m.schroeder@tum-ingenieure.de

AMPHORE

Ruhrverband

Kronprinzenstraße 37
45128 Essen
Dr.-Ing. Yvonne Schneider
ysc@ruhrverband.de

Emschergenossenschaft/Lippeverband

Kronprinzenstraße 24
45128 Essen
Dr. Issa Nafo
nafo.issa-ibrahim@eglv.de

Wupperverband

Untere Lichtenplatzer Str. 100
42289 Wuppertal
Thomas Klein
tkn@wupperverband.de

Links-niederrheinische Entwässerungs-Genossenschaft

Friedrich-Heinrich-Allee 64
47475 Kamp-Lintfort
Helle Dorothee Wischer
wischer.h@lineg.de

Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen University (ISA)

Mies-van-der-Rohe-Str. 1
52074 Aachen
Dr.-Ing. David Montag
montag@isa.rwth-aachen.de

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe
Dr. Jutta Niederste-Hollenberg
jnh@isi.fraunhofer.de

Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH (ifeu)

Wilckensstr. 3
69120 Heidelberg
Horst Fehrenbach
horst.fehrenbach@ifeu.de
Joachim Reinhardt
joachim.reinhardt@ifeu.de

PhosRec Phosphor-Recycling GmbH

In der Welheimer Mark 190
46238 Bottrop
Dr.-Ing. Yvonne Schneider
ysc@ruhrverband.de
Dr. Torsten Frehmann
frehmann.torsten@eglv.de
Dr. Dennis Blöhse
bloehse.dennis@eglv.de

Emscher Wassertechnik GmbH

Brunnenstraße 37
45128 Essen
Dr. Tim Fuhrmann
fuhrmann@ewlw.de

WiW – Wupperverbandsgesellschaft für integrale Wasserwirtschaft mbH

Untere Lichtenplatzer Str. 100
42289 Wuppertal
Dr. Gerd Kolisch
kol@wupperverband.de

ASSOZIIERTE PARTNER

BETREM Emscherbrennstoffe GmbH

Sturmshof 20
46238 Bottrop
Dagmar Dörtelmann

INNOVATHERM Gesellschaft zur innovativen Nutzung von Brennstoffen mbH

Frydagstraße 47
44536 Lünen
Falko Lehrmann

WFA Elverlingsen GmbH

Auf der Mark 1
58791 Werdohl
Dierk von Felde

Chemische Fabrik Wocklum | Gebr. Hertin GmbH & Co. KG

Glärbach 2
58802 Balve
Thorsten Löchter

SF-SoepenberG GmbH

Emil-Fischer-Straße 14
46569 Hünxe
Martin Teloo

Yara GmbH & Co. KG

Hanninghof 35
48249 Dülmen
Dr. Marina Ettl

WKW Aktiengesellschaft

Siebenecker Straße 235
42553 Velbert
Volker Stange

KlimaPhoNds

CUTEC – Abteilung Abwasser- verfahrenstechnik

Leibnizstraße 23
38678 Clausthal-Zellerfeld
Prof. Dr.-Ing. Michael Sievers
michael.sievers@cutec.de

CUTEC – Abteilung Thermische Prozesstechnik

Leibnizstraße 23
38678 Clausthal-Zellerfeld
Dr.-Ing. Stefan Vodegel
stefan.vodegel@cutec.de

CUTEC – Abteilung Ressourcen- technik und -systeme

Leibnizstraße 23
38678 Clausthal-Zellerfeld
Dipl.-Umweltwiss. Jan Schlecht
jan.schlecht@cutec.de

PARFORCE Engineering & Consulting GmbH

Am St.-Niclas-Schacht 13
09599 Freiberg
Dr. Peter Fröhlich
peter.froehlich@parforce-technologie.de

LUKSON AG

Geyener Str. 1
50259 Pulheim
Dipl.-Ing. Franz Hormes
f.hormes@lukson.de

KNOKE Industrie-Montagen GmbH

Gesellensteig 48
38229 Salzgitter
Solveigh Foisel-Tidau
foisel-tidau@knoke-salzgitter.de

Eigenbetrieb Abwasserbeseitigung der Stadt Northeim

Scharnhorstplatz 1
37154 Northeim
Dipl.-Ing. Olaf Hagenow
hagenow@northeim.de

DreiSATS

Veolia Klärschlammverwertung Deutschland GmbH

Nordstraße 15
04420 Markranstädt
Matthias Hoger
matthias.hoger@veolia.com
Claudyn Kidszun
claudyn.kidszun@veolia.com

Fraunhofer IKTS

Winterbergstraße 28
01277 Dresden
Marc Lincke
marc.lincke@ikts.fraunhofer.de

Carbotechnik Energiesysteme GmbH

Lauterbachstraße 12
82538 Geretsried
Peter Schöfmann
schoefmann@carbotechnik.de

Pontes Pabuli GmbH

Harkortstraße 8
04107 Leipzig
Dr. Lars Leidolph
l.leidolph@pontes-pabuli.de

LTC – Lufttechnik Crimmitschau GmbH

Gewerbering 24
08451 Crimmitschau
Holger Ullmann
holger.ullmann@ltc-crimmitschau.com

Materialforschungs- und -prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar

Coudraystraße 9
99423 Weimar
Dr. Frank Hauser
frank.hauser@mfpa.de

P-Net

Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISWW), Technische Universität Braunschweig

Pockelsstraße 2a
38106 Braunschweig
Prof. Dr.-Ing. Thomas Dockhorn
t.dockhorn@tu-braunschweig.de

Abwasserverband Braunschweig (AVB)

Celler Straße 22
38176 Wendeburg
Dr.-Ing. Franziska Gromadecki
franziska.gromadecki@
abwasserverband-bs.de

Abwasser- und Straßenreinigungsbetrieb Stadt Gifhorn (ASG)

Winkeler Straße 4
38518 Gifhorn
Dipl.-Ing. Hans-Oskar Baron
baron@asg-gifhorn.de

ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung

Hamburger Allee 45
60486 Frankfurt am Main
Dr.-Ing. Martina Winker
winker@isoe.de

Julius-Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI)

Erwin-Baur-Straße 27
06484 Quedlinburg
Dr. Elke Bloem
elke.bloem@julius-kuehn.de
Dr. Sylvia Kratz
sylvia.kratz@julius-kuehn.de

PFI-Planungsgemeinschaft

Karl-Imhoff-Weg 4
30165 Hannover
Prof. Dr.-Ing. Johannes Müller-Schaper
mueller-schaper@pfi.de

SF-SoepenberGmbH

Emil-Fischer-Straße 14
46569 Hünxe
Dr. Joachim Clemens
j.clemens@soepenber.com

Stadtentwässerung Braunschweig GmbH (SE|BS)

Postfach 45 10
38035 Braunschweig
Taubenstraße 7
38106 Braunschweig
Dipl.-Ing. Andreas Hartmann
andreas.hartmann@se-bs.de

RePhoRM

Technische Universität Darmstadt, Institut IWAR, Fachgebiet Abwassertechnik

Franziska-Braun-Straße 7
64287 Darmstadt
Prof. Dr.-Ing. Markus Engelhart
m.engelhart@iwar.tu-darmstadt.de
Peter Kuhn

Technische Universität Darmstadt, Institut IWAR, Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft

Franziska-Braun-Straße 7
64287 Darmstadt
Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek
l.schebek@iwar.tu-darmstadt.de
Dr. Sc. Vanessa Zeller
Chunyu Miao

Becker Büttner Held Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater PartGmbH

Magazinstraße 15-16
10179 Berlin
Beate Kramer
beate.kramer@bbh-online.de
Dr. Anna Alexandra Seuser
Frank Licht Oliver Eifertinger

Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS

Brentanostraße 2a
63755 Alzenau
Niklas Koppe
niklas.koppe@iwks.fraunhofer.de

Infraserv GmbH & Co. Höchst KG

Industriepark Höchst
65926 Frankfurt am Main
Björn Krix
bjoern.krix@Infraserv.com
Thorsten Appel
Dr. Thomas Wessel

Glatt Ingenieurtechnik GmbH

Nordstraße 12
99427 Weimar
Martin Mahncke
martin.mahncke@glatt.com
Jan Kirchhof

TVM Thermische Verwertung Mainz GmbH

Industriestraße 70
55120 Mainz
Dipl.-Ing. Herbert Hochgürtel
herbert.hochguertel@stadt.mainz.de
Dr. Michael Walk

Stadt Frankfurt am Main – Stadtentwässerung Frankfurt am Main

Goldsteinstraße 160
60528 Frankfurt am Main
Dr. Susanne Schmid
susanne.schmid@stadt-frankfurt.de
Dr. Rolf Götz

Entega Abwasserreinigung GmbH & Co. KG

Frankfurter Straße 110
64293 Darmstadt
Dr. Julia Klinger
julia.klinger@entega.ag
Martin Jakob
Wolfgang John

Abwasserverband Langen/Egelsbach/Erzhausen

Prinzessin-Margaret-Allee 1
63225 Langen
Eva-Maria Frei
eva.frei@avlee.de

R-Rhenania

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Unter den Eichen 87
12200 Berlin
Christian Adam
christian.adam@bam.de

Outotec GmbH & Co. KG

Ludwig-Erhard-Strasse 21
61440 Oberursel
Tanja Schaaf
tanja.schaaf@outotec.com

Emter GmbH

Alpenstraße 50
86972 Altenstadt
Johann Emter
info@emter-gmbh.de

sePura GmbH

Raiffeisenstraße 1
97209 Veitshöchheim
Dieter Leimkötter
dieter.leimkoetter@seapura.de

Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB)

Cicerostaße 24
10709 Berlin
Fabian Kraus
fabian.kraus@kompetenz-wasser.de

Universität Bonn

Karlrobert-Kreiten-Str. 13
53115 Bonn
Jürgen Burkhardt
j.burkhardt@uni-bonn.de

FEhS-Institut für Baustoff-Forschung e. V.

Bliersheimer Straße 62
47229 Duisburg
Uwe Pihl
u.pihl@feh.s.de

Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

Vöttinger Straße 38
85354 Freising
Peer Urbatzka
peer.urbatzka@lfl.bayern.de

SATELLITE

Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Leibniz Universität Hannover (ISAH)

Welfengarten 1
30163 Hannover
Dr.-Ing. Maïke Beier
beier@isah.uni-hannover.de

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML)

Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2 – 4
44227 Dortmund
Frederic Veit
frederic.veil@iml.fraunhofer.de

Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Vor dem Zoll 2
31582 Nienburg
Hauke Ahnemann
hauke.ahnemann@
lwk-niedersachsen.de

Kommunale Nährstoffrückgewinnung Niedersachsen GmbH (KNRN)

Kanalstr. 50
31137 Hildesheim
Dr.-Ing. Jens Manthey
j.manthey@knrn.de

Göttinger Entsorgungsbetriebe (GEB)

Rudolf-Wissel-Str. 5
37079 Göttingen
Carsten Keunecke
c.keunecke@goettingen.de

Stadtentwässerung Hildesheim Kommunale AöR (SEHi)

Kanalstraße 50
31377 Hildesheim
Dr.-Ing. Erwin Voß
Erwin.Voss@sehi-hildesheim.de

Kreisverband für Wasserwirtschaft Nienburg

Am Wall 2
31582 Nienburg
Axel Brause
brause@kvwasser-nienburg.de

Stadt Pattensen – Kläranlage

Rathausplatz 1
30982 Pattensen
Jörg Hinrichsen
hinrichsen@pattensen.de

Ingenieurbüro Dr. Breitenkamp

Hansastr. 45
32257 Bünde
Dr.-Ing. Sabrina Breitenkamp
breitenkamp@ressourcen-effizienz.pro

BIORESTEC GmbH

Karlsruher Str. 20a
30880 Laatzen
Dr.-Ing. Dipl.-Biol. Paul Stopp
info@biorestec.de

SF SoepenberGmbH

Emil-Fischer-Str. 14
46569 Hünxe
Dr. Joachim Clemens
j.clemens@soepenber.com

Impressum

Herausgeber

Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der
RWTH Aachen (FiW) e. V.
Kackertstraße 15–17 | 52056 Aachen
Fon +49 241 80 2 68 25 | Fax +49 241 80 2 28 25
transphor@fiw.rwth-aachen.de

Redaktion

TransPhoR – Vernetzungs- und Transfervorhaben der
BMBF-Fördermaßnahme

Fotonachweise (wenn nicht am Bild vermerkt)

Titel:

Kläranlage © Ruhrverband

Blühende Landschaft © Christian Schwier/adobestock.com

Industriepark © 360degreeAerial/shutterstock.com

Seite 12 – 25: (Bildstreifen) © adege/pixabay.com

Seite 28 – 31: (Bildstreifen) © adege/pixabay.com

Layout

FiW e. V., Aachen

Bezug über

Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft
an der RWTH Aachen (FiW) e. V.
Download: www.bmbf-rephor.de

Beiträge

Koordinatorinnen und Koordinatoren der RePhoR-
Verbundprojekte, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des
Vernetzungs- und Transfervorhabens TransPhoR

AnsprechpartnerInnen für BMBF-Fördermaßnahme

„RePhoR – Regionales Phosphor-Recycling

Ansprechpartner beim BMBF

Dr. Helmut Löwe

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat 726 – Ressourcen, Kreislaufwirtschaft;
Geoforschung | 53170 Bonn
helmut.loewe@bmbf.bund.de

Ansprechpartner beim Projektträger

Dr.-Ing. Carsten Jobelius und Thu Nguyen

Projektträgerschaft Ressourcen, Kreislaufwirtschaft;
Geoforschung (PTRKG), Projektträger Karlsruhe (PTKA),
Wassertechnologie, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1 | 76344 Eggenstein-
Leopoldshafen
carsten.jobelius@kit.edu | le.nguyen@kit.edu

Auflage

1. Auflage, November 2020

