

## The RePhoR Network and Transfer Project TransPhoR – Introduction and Tasks

Johannes Pinnekamp, Kristoffer Ooms and Lara Meuleneers

The Federal Ministry of Education and Research (Bundesministerium für Bildung und Forschung – BMBF) has launched the funding measure *Regional Phosphorus Recycling* (RePhoR), which is accompanied and supported by the transfer project (TransPhoR). In RePhoR, different technologies for phosphorus recovery from wastewater, sewage sludge and sewage sludge ash will be investigated under local conditions to develop and implement innovative solutions for regional phosphorus recycling. The different approaches and processes for a successful recovery will be tested and subsequently compared.

The accompanying project TransPhoR is concerned with the comparison of these different large-scale implemented phosphorus recovery processes and focusses on the evaluation of their economic efficiency and the life cycle assessment in the entire value chain. In addition to the economic aspects, the focus is also on the high quality of the resulting phosphorus recyclates, characterized by features such as plant availability or a low pollutant content. This is important in order to obtain with the secondary phosphorus a high-quality raw material, comparable to primary phosphorus, and thus to be interesting for the main recycling channels (markets) agriculture (including organic farming) and industry. The aim of this accompanying project is therefore to evaluate the various recycling processes with regard to their feasibility and sustainability. The research project thus enables actors to give targeted recommendations for action and to present solutions to the problems. It is also important to involve all stakeholders equally in this process. Thus, the accompanying project TransPhoR helps to bundle answers to the future handling of one of the most important resources in the field of wastewater and the compliance with the new recovery obligations of the Sewage Sludge Ordinance and to transfer the developed expertise.

# Das RePhoR-Vernetzungs- und Transfervorhaben TransPhoR – Vorstellung und Aufgaben

Johannes Pinnekamp, Kristoffer Ooms und Lara Meuleneers

1.	Vernetzungs- und Transfervorhaben TransPhoR.....	382
2.	Überblick über inhaltliche Aufgaben und Ziele der RePhoR-Verbundprojekte .....	382
3.	Inhalt und Informationen zu Verbundprojekten.....	383
4.	Quellen .....	387

Die neue Klärschlammverordnung lässt es dem Klärschlammherzeuger offen, an welcher Stelle in der Prozesskette er den Phosphor zurückgewinnt. Für das Recycling von Phosphaten wurden und werden verschiedene Verfahren entwickelt; mit weiteren Verfahrensmodifikationen oder sogar neuen (komplexeren) Recyclingverfahren ist zu rechnen. Bislang fehlen zu fast allen Technologien Erfahrungen mit dem Betrieb von großtechnischen Anlagen. Die unterschiedlich weit gereiften Verfahren erlauben unter verschiedenen Voraussetzungen eine P-Rückgewinnung aus dem Abwasser, aus dem Prozesswasser, aus Faulschlamm bzw. getrocknetem Klärschlamm oder aus Klärschlammmasche. Dabei unterscheiden sich der investive Aufwand, das P-Rückgewinnungspotential und die Pflanzenverfügbarkeit der Rezyklate (Tabelle 1).

Tabelle 1: Charakterisierung der Stoffströme und Potentiale

Einsatzstelle	Volumen-/ Massenstrom	Phosphorkonzentration	Bindungsform	P-Rückgewinnungspotential (bezogen auf Zulauftracht der Kläranlage)
Kläranlagenablauf	200 l/(E*d)	< 5 mg/l	gelöst	max. 55 %
Schlammwasser	1 – 10 l/(E*d)	20 – 100 mg/l	gelöst	max. 50 %
Faulschlamm	0,2 – 0,8 l/(E*d)	30 – 40 g P/kg TR	gelöst sowie biol./ chem. gebunden	max. 90 %
Klärschlammmasche	0,03 kg/(E*d)	60 – 80 g/kg	chem. gebunden	max. 90 %

Quelle: Montag, D., Pinnekamp, J. (2017): Klärschlammsorgung und Phosphorrückgewinnung, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen (ISA). KNUW Netzwerk Summit 12.12.2017 Essen

Generell steigt das P-Rückgewinnungspotential entlang der Prozesskette Abwasser -> Schlammwasser -> Faulschlamm/Klärschlamm -> KS-Asche sukzessive an. Gleichzeitig erhöht sich der Gesamtverfahrensaufwand bzw. die Kosten und verringert sich die

Pflanzenverfügbarkeit (LAGA Ad-hoc-AG, 2015). Eine Gegenüberstellung mit den potentiellen Umweltwirkungen dieser Rückgewinnungsverfahren vor dem Hintergrund ihrer potentiellen Einsparpotentiale wird über die Methode der Ökobilanz [2, 3] angestrebt. Die gängigen Studien [1] berücksichtigen bis dato nur bedingt pflanzenspezifische Verhaltensweisen und eignen sich entsprechend nur eingeschränkt als Abbild der Realität. Weiter ist ein Vergleich zur primären Phosphorproduktion zwingend erforderlich, um die tatsächlichen Einsparpotentiale determinieren zu können. Vor dem Hintergrund einer ganzheitlichen Nachhaltigkeitsbetrachtung, ist vor allem die soziale Dimension relevant, um gesellschaftliche Belange, wie z.B. die Akzeptanz des sekundären Rohstoffs in der Bevölkerung, zu bewerten. Derartige Untersuchungen und Studien wurden Stand heute nicht durchgeführt. Ergänzend stehen Betrachtungen vor dem Hintergrund der Kritikalität und Kreislaufschließung aus.

## 1. Vernetzungs- und Transfervorhaben TransPhoR

Das Vorhaben TransPhoR setzt sich aus dem Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e.V. Institut für Nachhaltigkeit im Bauwesen der RWTH Aachen sowie der HGoTECH GmbH zusammen und wird im Unterauftrag durch die Tuttahs & Meyer Ingeniergesellschaft mbH unterstützt. Die Aufgabe des Vernetzungs- und Transfervorhaben liegt in der Synthese der Ergebnisse aus den einzelnen Forschungsverbänden. Hierbei werden Schnittstellenkompetenzen identifiziert und genutzt, um projektübergreifende Fragestellungen zu klären und Kriterien zur Gewährung der Vergleichbarkeit zu definieren. Dadurch soll von Anfang an eine Leitlinie zur Darstellung und Aufbereitung der Ergebnisse erarbeitet werden. Eine kritische und neutrale Auseinandersetzung mit den Erkenntnissen der Forschungsverbände ist hier erforderlich. Des Weiteren ist das Vorhaben für die Unterstützung in der Projektkoordination verantwortlich und organisiert bzw. begleitet Projekttreffen, Statusseminare sowie Diskussionsforen. Die Vernetzung des Forschungsvorhabens mit nationalen wie internationalen Akteuren der Wasserwirtschaft bekommt hier einen besonderen Stellenwert zugewiesen. Darüber hinaus befasst sich das Vorhaben auch mit der Weiterentwicklung standardisierter Prüfverfahren und Produktkriterien für P-Rezyklate als auch der Erarbeitung allgemeiner Kriterien zur vergleichenden Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und der Ökobilanz.

## 2. Überblick über inhaltliche Aufgaben und Ziele der RePhoR-Verbundprojekte

Die vom BMBF innerhalb von RePhoR geförderten Verbundprojekte sollen mit verschiedenen Ansätzen zum regionalen Phosphor-Recycling einen Beitrag zur nachhaltigen Umsetzung der neuen Klärschlammverordnung leisten.

Sie gewinnen dabei unterschiedliche Phosphor-Rezyklate aus den verschiedenen Stoffströmen Abwasser, Klärschlamm oder auch aus Klärschlammasche. Die Ziele der RePhoR-Fördermaßnahmen und eine tabellarische Übersicht über die Verbundprojekte

wird auf das Abstract *Die BMBF-Fördermaßnahme Regionales Phosphor-Recycling (RePhoR) – Aktueller Stand* von Herrn Dr. Löwe (Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF) [5]. verwiesen. Im folgenden Kapitel werden die einzelnen Projekte und deren Verfahren näher beschrieben.

### 3. Inhalt und Informationen zu Verbundprojekten

#### **KlimaPhoNds – Klimaneutrale und reststofffreie Klärschlammverwertung mit Phosphorsäureproduktion in Südost-Niedersachsen**

KlimaPhoNds verfolgt eine dezentrale Phosphat-Gewinnung auf Kläranlagen und darauf aufbauend eine zentrale Veredelung der Phosphat-Fällungsprodukte zu hochwertiger Phosphorsäure, Ammoniakwasser und Magnesiumchlorid. Die Klimaneutralität wird durch eine nahezu wärmeneutrale Trocknung mit einer Wirbelschichtverdampfungstrocknung erreicht. Es entsteht ein volltrockener, phosphatarmer Klärschlamm, der reststofffrei stofflich und energetisch in der Zementindustrie verwertet werden kann. Voraussetzung für eine ausreichende P-Abreicherung im Klärschlamm ist eine optimierte Bio-P-Elimination auf der Kläranlage. In der ersten von zwei Phasen erfolgt eine Maximierung der Bio-P-Elimination auf der Kläranlage Northeim. Bei erfolgreichem Nachweis einer ausreichenden Bio-P-Fixierung soll in Phase 2 die Aufbereitung der Fällungsprodukte zu verschiedenen Rohstoffen, die nahezu wärmeneutrale Trocknung sowie die Verwertung von trockenem Klärschlamm als Brenn- und Rohstoff im technischen Maßstab demonstriert werden.

#### **P-Net – Aufbau eines Netzwerks zum ressourceneffizienten Phosphor-Recycling und –Management in der Region Harz und Heide**

Der Verbund P-Net hat sich zum Ziel gesetzt, die Probleme und offenen Fragestellungen der verfahrenstechnischen Erzeugung und Nutzung von P-Rezyklaten in Form von Struvit (*Struvit-Schiene*) zu bearbeiten und hier den durch die Novellierung der Klärschlammverordnung gesetzten Impuls in einen Treiber gerade auch für die Struvit-Anlagen umzuwandeln.

Das übergeordnete Ziel von P-Net ist es, ein regionales Cluster zum P-Recycling zu etablieren, das sich auf die P-Rezyklate fokussiert, die heute schon erzeugt werden und als qualitativ hochwertige Düngemittel gelten, aber bisher noch nicht den Weg in den Markt finden.

Darüber hinaus will P-Net verfahrenstechnische Lösungen anbieten, bereits bestehende Struvit-Anlagen zur P-Rückgewinnung so weit zu optimieren, dass sie in wirtschaftlicher Betriebsweise zukünftig auch die hohen Recyclingquoten der novellierten Klärschlammverordnung erfüllen können.

Durch den Aufbau eines Struvit-Netzwerks will P-Net weiterhin dazu beitragen, die weiterentwickelten und optimierten erfolgversprechenden Verfahren und Maßnahmen zur Ertüchtigung der Struvit-Schiene auch an anderen Standorten im nationalen und internationalen Markt zu etablieren.

## **AMPHORE – Regionales Klärschlamm- und Aschen-Management zum Phosphorrecycling für einen Ballungsraum**

Im Verbundprojekt AMPHORE kooperieren fünf große Wasserverbände in Nordrhein-Westfalen mit Unterstützung von Forschungspartnern, Ingenieurbüros und Wirtschaftsunternehmen mit dem Ziel, ein gemeinsames regionales Konzept zur Umsetzung der Phosphor-Rückgewinnung zu entwickeln. Dafür wird ein öffentlich-rechtlich organisiertes Management- und Betriebskonzept über die gesamte Wertschöpfungskette des Phosphor-Recyclings als ein integraler Bestandteil der Klärschlammverwertung entwickelt.

Die Größe des Verbundes mit 139 Kläranlagen und etwa 9 % des deutschen Klärschlammanfalls ermöglicht einen innovativen, regionsweiten Management-Ansatz für Klärschlämme sowie eine gezielte Erzeugung und Weiterbehandlung von Aschen unterschiedlicher Qualitäten. Der höher mit Schwermetallen belastete Teil der Aschen wird in einem aufwändigeren, nass-chemischen Rückgewinnungsverfahren mit dem Ziel aufbereitet, eine weitgehende Schadstoff-Wertstoff-Trennung mit der Erzeugung passgenauer Rezyklatqualitäten (Reinheit, Konzentration) für die regionalen Abnehmer zu erreichen. Es wird geprüft, ob gezielt erzeugte Asche mit besonders geringen Schadstoffgehalten in einem alternativen, ggf. kostengünstigeren P-Rückgewinnungsverfahren verwertet werden kann.

Technischer Kern des Projektes ist die großtechnische Demonstration einer nass-chemischen Phosphor-Rückgewinnung aus den Klärschlammaschen (Zielgröße 1.000 t Asche/a). Dafür wird eine Demonstrationsanlage am kombinierten Kläranlagen- und Klärschlammverbrennungsanlagen-Standort der Emschergenossenschaft in Bottrop errichtet, an der das gewählte Verfahren optimiert sowie hinsichtlich des Dauerbetriebs, aber auch verschiedener Betriebszustände untersucht wird.

Neben der späteren Vermarktung der erzeugten Phosphor-Säure werden in der Umsetzungsphase auch die Qualitäten und mögliche Verwertungspfade für Nebenprodukte und Reststoffe (u.a. silikatische Rückstände, Gips, Metallkonzentrate) betrachtet, um sowohl eine möglichst hochwertige Verwertung als auch eine möglichst hohe Entsorgungssicherheit (z.B. über Notfallkonzepte, Deponierung) garantieren zu können.

Hauptziel der Umsetzungsphase des Vorhabens ist die Erarbeitung von Entscheidungsgrundlagen für eine zukunftssichere, ökonomisch und ökologisch optimierte Gestaltung der Klärschlammverwertung mit regionalem P-Recycling unter beispielgebender Demonstration einer möglichen Verfahrenstechnik.

## **DREISATS – Technologiedemonstration zur Kombination von Staubfeuerung und Säureaufschlussgranulierung mit integrierter Schwermetallabscheidung für das regionale Phosphorrecycling im Mitteldeutschen Dreiländereck Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen**

Ziel des Verbundprojektes ist die praxisnah-prototypische Erprobung und Demonstration einer innovativen, wirtschaftlich und technisch tragfähigen Prozesskette zur thermischen Klärschlammverwertung mit Phosphorrecycling und Produktverwertung für die Modellregion *Mitteldeutsches Dreiländereck*.

Im technisch relevanten Maßstab soll gezeigt werden, dass marktfähige Düngerprodukte aus Klärschlämmen in gleichbleibend guter Qualität und Menge erzeugt und sowohl regional als auch ggf. überregional verwertet werden können. Die regionale thermische Verwertung ist Kernelement der Verwertungsstrategie. Zur Vermeidung der bei zentralen großen Anlagen oftmals vorhandenen Probleme wie hohem Transportaufkommen und fehlenden Wärmelieferanten soll in DreiSATS perspektivisch ein Ansatz mit dezentralen Klärschlamm-Verbrennungsanlagen mit geringerer Leistung und vorgeschalteter Trocknung verfolgt werden. Die Abtrennung / Reduktion von Schwermetallen ist direkt während der Verbrennung sowie im aschebasierten P-Recycling-Prozess möglich. Dadurch entsteht eine hohe Produktsicherheit unabhängig von den Eigenschaften der Input-Schlämme und gleichzeitig Flexibilität zur Einstellung des technischen und betriebswirtschaftlichen Optimums der Prozessführung. Anspruch der Konzeption ist die regionale und nachhaltige Verwertung der anfallenden Klärschlämme, eine Schadstoffsene und die Schließung der regionalen Nährstoffkreisläufe mit einem möglichst geringen Transportaufwand.

### **RePhoRM – Regionales Phosphorrecycling im Rhein-Main-Gebiet unter Berücksichtigung industrieller und agrarischer Stoffkreisläufe**

In Ballungsräumen wie der Metropolregion Frankfurt-Rhein-Main werden zunehmend Mono-Klärschlammverbrennungsanlagen zur Sicherung der Entsorgungswege umgesetzt. Allerdings gibt es für die Rückgewinnung von Phosphor aus den Klärschlammaschen noch keine Umsetzungsstrategie. Im Rahmen des Verbundprojekts RePhoRM erarbeiten die Projektbeteiligten eine großtechnische Lösung zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlammasche. Diese wird zu einem Düngemittelgranulat aufbereitet, welches direkt in der Landwirtschaft eingesetzt werden kann. Das Düngemittelgranulat wird mittels der innovativen PHOS4green-Technologie hergestellt. Dabei wird Klärschlammasche mit Phosphorsäure behandelt, um zunächst den in Klärschlammasche gebundenen Phosphor pflanzenverfügbar zu machen sowie den Phosphoranteil des Düngemittels zu erhöhen. Anschließend wird in einer Sprühgranulierung das trockene Düngemittelgranulat erzeugt.

In Ballungsräumen können Klärschlammaschen erhöhte Schwermetallgehalte aufweisen. Diese werden ggf. über das Düngemittelgranulat wieder in die Umwelt gebracht. Um einen vermehrten Eintrag der Schwermetalle zu verhindern, wird im Rahmen von RePhoRM die PHOS4green-Technologie um einen technischen Verfahrensschritt zur gezielten Reduzierung der Schwermetallgehalte in den eingesetzten Klärschlammaschen erweitert. Von Beginn der technischen Entwicklung an werden spätere Umweltauswirkungen bei der Düngemittelherstellung durch eine begleitende Ökobilanz betrachtet und berücksichtigt. Zusätzlich wird der Eintrag von Schwermetallen in das Abwassernetz untersucht, um weitere Potenziale zur Minimierung des Schwermetallgehalts von Klärschlämmen bzw. Klärschlammaschen zu identifizieren und zu bewerten.

Neben der technischen Umsetzung des Phosphorrecyclings liegt ein weiterer Fokus des Projekts in der Ausarbeitung einer rechtlichen und organisatorischen Lösung für einen Phosphorrecyclingverbund im Rhein-Main-Gebiet. Das Ziel ist eine Verbundlösung, in

der ein angemessener Interessensausgleich zwischen den gebührenfinanzierten Betreibern und den privatwirtschaftlichen Unternehmen der Recyclingbranche erreicht wird.

### **SATELLITE – Verfahrenstechniken im Haupt- und Satellitenbetrieb eines interkommunalen Recyclingzentrums zur Maximierung der Phosphorrückführung in die regionale Landwirtschaft**

Das Projekt SATELLITE bietet mit dem Konzept der Umsetzung eines umfassenden interkommunalen Verbundes (gemeinsame Konzeptionierung und Bewirtschaftung von Anlagen regionaler Zentren (> 50.000 EW) und 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. Durch den kommunalen Entsorgungsverbund (KNRN) können Investitionsentscheidungen der einzelnen Anlagen strategisch abgestimmt werden und die untersuchten Flexibilisierungsoptionen schaffen einen niedrighschweligen Zugang zur Anlagentechnik und damit strategische Freiräume für die Betreiber. Der über den kommunalen Verbund abgestimmte Betrieb definiert als Managementziel die Bereitstellung der optimalen Klärschlammqualität (Heizwert, P-Gehalt) für das zentrale Recycling-Zentrum zum optimalen Zeitpunkt (gleichmäßige Auslastung) mit dem geringsten Umweltimpact (Transport) bei gleichzeitig positiver Bilanz für die anliefernden regionalen Zentren. Dies wird erreicht durch angepasste Verfahrensauswahl, regionale Wertstoffrückführung und Unterstützung bei der Bewirtschaftung.

### **R-Rhenania – Modifiziertes Rhenania Phosphat aus Klärschlammasche für Bayern**

Die Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm und Klärschlammaschen ist in Deutschland politisch gefordert. Um einen wirksamen und schadstoffarmen Phosphatdünger aus Klärschlammaschen herzustellen, errichten der Betreiber der Klärschlammverbrennungsanlage Altenstadt – Emter GmbH und der Düngemittelhersteller sePura GmbH im Rahmen des R-Rhenania Projektes eine AshDec®-Demonstrationsanlage. Die geplante Anlage wird neben den Aschen aus Altenstadt zusätzlich die Aschen aus weiteren bayerischen Verbrennungsanlagen verwerten und ist für eine Kapazität von 30.000 Jahrestonnen Asche ausgelegt. Der Projektpartner sePura plant den produzierten Dünger vollständig regional in Bayern zu verwerten.

Die Demonstrationsanlage wird durch ein wissenschaftliches Monitoring begleitet und die aschebasierten Düngemittel werden eingehend chemisch-mineralogisch charakterisiert und in Gefäß- und Feldversuchen im ökologischen Landbau auf ihre Düngewirksamkeit untersucht. Neben der Düngewirkung des Phosphats werden auch die Wirkungen der Silikate und der enthaltenen Spurennährstoffe auf Pflanzenverfügbarkeit und Pflanzengesundheit untersucht. Um die Übertragbarkeit der AshDec®-Technologie auch für Standorte mit hohen Schwermetallbelastungen zu ermöglichen, werden im kleintechnischen Maßstab Untersuchungen inklusive Engineering und Kostenabschätzung für die großtechnische Umsetzung an hoch belasteten Klärschlammaschen durchgeführt. Ökobilanzierungen und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen werden begleitend für die verschiedenen Anwendungsfälle durchgeführt.

## 4. Quellen

- [1] Amann, A.; Zoboli, O.; Krampe, J.; Rechberger, H.; Zessner, M.; Egle, L. (2018). Environmental impacts of phosphorus recovery from municipal wastewater. *Resources, Conservation and Recycling*, 130(October 2017), 127 – 139. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.11.002>
- [2] ISO 2006a. ISO 14040:2006 Environmental management -Life cycle assessment – Principles and framework. Geneva (Switzerland): ISO.
- [3] ISO 2006b. ISO 14044:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. Geneva (Switzerland): ISO.
- [4] LAGA Ad-hoc-AG (2015): Ressourcenschonung durch Phosphor-Rückgewinnung – Abschlussbericht
- [5] Löwe, H.: Die BMBF-Fördermaßnahme *Regionales Phosphor-Recycling (RePhoR)* – Aktueller Stand. In: Holm, O.; Thomé-Kozmiensky, E.; Quicker, P.; Kopp-Assenmacher, S. (Hrsg.): *Verwertung von Klärschlamm 3*. Neuruppin: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH, 2020, S. 374-379
- [6] Montag, D.; Pinnekamp, J. (2017): Klärschlammensorgung und Phosphorrückgewinnung, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen (ISA). KNUW Netzwerk Summit 12.12.2017 Essen

### Ansprechpartner



**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Johannes Pinnekamp**

Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e.V.  
Geschäftsführender Vorstand  
TransPhoR – Wissenschaftliche Projektleitung  
Kackertstraße 15–17  
52056 Aachen, Deutschland  
+49 241 80-22285  
[pinnekamp@fiw.rwth-aachen.de](mailto:pinnekamp@fiw.rwth-aachen.de)



**Dr.-Ing. Kristoffer Ooms**

Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft (FiW) e.V.  
Bereichsleitung Umweltverfahrens- und Energietechnik  
TransPhoR – Koordinative Projektleitung  
Kackertstraße 15–17  
52056 Aachen, Deutschland  
+49 241 80-26822  
[ooms@fiw.rwth-aachen.de](mailto:ooms@fiw.rwth-aachen.de)



**M.Sc. Lara Meuleneers**

Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft (FiW) e.V.  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
TransPhoR – Projektbearbeitung  
Kackertstraße 15–17  
52056 Aachen, Deutschland  
+49 241 80-26821  
[meuleneers@fiw.rwth-aachen.de](mailto:meuleneers@fiw.rwth-aachen.de)



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Olaf Holm, Elisabeth Thomé-Kozmiensky,  
Peter Quicker, Stefan Kopp-Assenmacher (Hrsg.):

### **Verwertung von Klärschlamm 3**

ISBN 978-3-944310-52-7 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Olaf Holm  
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2020  
Redaktion und Lektorat: Dr.-Ing. Olaf Holm  
Erfassung und Layout: Martin Graß, Claudia Naumann-Deppe, Janin Burbott-Seidel

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.