



## KONSORTIALSTUDIE – CALL FOR PARTNERS

### ERWEITERTE PHOSPHORANALYTIK AN DERIVATEN DER ABWASSERBEHANDLUNG

#### Fraunhofer-Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategien IWKS

##### Abteilung Biogene Systeme

Dr. Karolina Kazmierczak  
Abteilungsleitung Biogene Systeme  
Fraunhofer-Projektgruppe IWKS  
Brentanostraße 2a  
63755 Alzenau  
Telefon +49 6023 32039-845  
Fax +49 6023 32039-66801  
karolina.kazmierczak@isc.fraunhofer.de

Dr. Lars Zeggel  
Biogene Systeme  
Fraunhofer-Projektgruppe IWKS  
Brentanostraße 2a  
63755 Alzenau  
Telefon +49 6023 32039-858  
Fax +49 6023 32039-66801  
lars.zeggel@isc.fraunhofer.de

#### Hintergrund

Mit der bevorstehenden Verabschiedung der Novelle der Klärschlammverordnung und der darin enthaltenen Verpflichtung zur Phosphorrückgewinnung wird eine effiziente Rückholung des Phosphors immer dringlicher. Ein wesentlicher, kritischer Punkt hinsichtlich der Effizienz von Rückgewinnungsverfahren ist die Rücklösung des Phosphors aus dem Klärschlamm bzw. der Klärschlammasche. Die geplante Konsortialstudie soll die Kenntnis über die vorhandenen Bindungsformen des Phosphors verbessern und somit entscheidende Vorteile bei der zukünftigen P-Rückgewinnung bringen.

Über die Ausscheidung menschlicher Stoffwechselprodukte, Nahrungsmittelreste, Wasch- und Reinigungsmittel sowie Emissionen der Nahrungsmittelherstellung gelangt Phosphor in das Abwasser. Im Abwasser liegt Phosphor sowohl gelöst als auch gebunden vor. Weiterhin unterscheidet man organische und anorganische Phosphatverbindungen. Die verschiedenen Verfahren der Phosphorrückgewinnung, die am Klärschlamm bzw. am Zentrat ansetzen werden, konzentrieren sich ausschließlich auf gelöste Ortho-Phosphate. Da möglichst der gesamte Phosphor zurückgewonnen werden soll, ist eine weitere Behandlung des Klärschlammes bzw. des Zentrats im Hinblick auf eine Umwandlung bzw. Auflösung des Phosphors erforderlich. Diese Prozesse umfassen sowohl physikalische (thermische) als auch chemische Verfahren.

Um die Rückgewinnung bzw. Rücklösung des Phosphors optimieren zu können, ist eine umfassende Kenntnis über die existierende Phosphorform (Spezies) innerhalb der Kläranlage notwendig.

Bei der Eliminierung des Phosphors mittels Eisensalzen ist derzeit nicht eindeutig geklärt, ob dabei Eisenphosphatspezies entstehen bzw. inwieweit das Phosphat an sich bildende Eisenhydroxide adsorbiert. Noch größer sind die Unsicherheiten bezüglich der Bindungsformen von Phosphor bei der erweiterten biologischen Phosphorfällung.

---

## Ziele und Inhalte

---

### Definition von Art und Umfang der Proben

In enger Absprache mit den Partnern soll die Art und der Umfang der für diese Untersuchungen zugrunde liegenden Proben definiert werden. In Abhängigkeit der Ausbaugrößen der Kläranlagen und variierenden Strategien der Phosphoreliminierung (Fe-, Al- oder Bio-P-Fällung) sowie nach Relevanz der Proben in Bezug auf existierende Projekte der jeweiligen Partner werden die Kläranlagen sowie Probenentnahmepunkte innerhalb der Abwasserbehandlung (vor oder nach der Belegung, Überschussschlamm, Faulschlamm oder Zentrat, etc.) festgelegt.

### Probenentnahme an zuvor definierten Kläranlagen

Die entsprechenden Kläranlagen werden besucht und Proben gemäß Definition genommen. Im Hinblick auf die durchzuführenden Untersuchungen ist ggf. sowohl beim Transport als auch bei der Lagerung eine Stabilisierung der Proben durch bspw. eine Kühlung zu berücksichtigen.

### Fällungsversuche mit marktüblichen Fällungsreagenzien

Da Klärschlamm in Bezug auf die Analytik oft eine Vielzahl störender Komponenten enthält, die den Nachweis der Phosphorverbindungen erschwert oder gar unmöglich macht, sollen modellhafte Fällungsreaktionen mit marktüblichen Fällungsreagenzien durchgeführt werden.

Im Vergleich sind auch Fällungen mit den reinen Salzen (reine Eisen(II/III)chlorid und -sulfat-Lösungen) in Abhängigkeit vom pH-Wert vorgesehen. Die in mehr oder weniger reiner Form gewonnenen Fällungsprodukte dienen insbesondere den spektroskopischen Analysemethoden als Standard und erleichtern somit die Zuordnung der Phosphorverbindungen in den Proben. Ergänzend dazu ist eine sequenzielle Extraktion, die bestimmte Phosphorspezies in Lösung bringt, vorgesehen.

### Instrumentelle Analytik

Die ausgewählten Analysemethoden sollen vor allem Aufschluss über die Art der Phosphorverbindung und dessen Kristallinität geben. In Tabelle 1 sind die vorgesehenen Einzelmethoden im Hinblick auf den zu erzielenden Erkenntnisgewinn dargestellt.

**Tabelle 1:** Übersicht über die geplanten Analysemethoden zur Charakterisierung der Phosphorverbindungen in den Proben aus den Kläranlagen

Analysemethode	Anmerkungen
Röntgenpulverdiffraktometrie (XRD) inkl. Rietveldverfeinerung	Analysiert kristalline Phasen (qualitativ und halb-quantitativ)
Raman-Spektroskopie	Qualitative Analytik
FTIR-Spektroskopie	Qualitative Analytik
Kernspinresonanzspektroskopie (NMR)	Flüssigspektroskopie zur Aufklärung der chemischen Bindungszustände
Massenspektrometrie (MS)	Bestimmung der (an-)organischer P-Bestandteile
Rasterelektronenmikroskopie (EDX, WDX)	Analyse von Elementverteilungen, evtl. in Kombination mit Gefrierbruchtechnik
ICP-MS (inkl. Königswasseraufschluss)	Elementaranalytik (quantitativ)

## Auswertung und Zusammenstellung der Ergebnisse

Die gewonnenen Daten und deren Auswertung werden in schriftlicher Form zusammengestellt. Die aus dem Verbundprojekt resultierenden Ergebnisse werden allen am Projekt beteiligten Partnern zur Verfügung gestellt.

## Zielgruppe

Die Teilnahme an der Konsortialstudie steht allen Unternehmen und Organisationen offen, die ein Interesse am Thema Phosphorrückgewinnung bzw. Phosphoreliminierung haben. Speziell sind Betreiber und Entwickler von Phosphorrückgewinnungstechnologien und Kläranlagenbetreiber angesprochen.

## Ihr Nutzen

Die Teilnahme an der Studie bietet Ihnen die Möglichkeit, die Kenntnisse zu den im Bereich der Abwasserbehandlung vorkommenden Phosphorverbindungen zu vertiefen und durch die Expertise Einsparpotentiale und damit Wettbewerbsvorteile zu erlangen. Die Vorteile ergeben sich aus:

- Minimierung der Kosten durch Aufteilung im Konsortium
- Zugriff auf weitreichende instrumentelle Analytik
- Einer Verfahrensoptimierung bei der Phosphorrückgewinnung
- Einsparung und Optimierung von P-Fällungsmitteln
- Branchenübergreifender Erfahrungsaustausch mit Fokus auf die Phosphorchemie im Bereich Abwasser

## Unsere Leistungen

Alle wissenschaftlichen und organisatorischen Arbeiten werden vollständig von der Fraunhofer Projektgruppe IWKS durchgeführt. Detaillierte Projektinhalte werden eng mit den teilnehmenden Partnern im Hinblick auf deren Bedürfnisse abgestimmt. In drei bis vier Workshops werden die Ziele und Inhalte präzisiert und die gewonnenen Ergebnisse diskutiert.

Auf Wunsch erfolgt eine Weitergabe der Ergebnisse in Form von Pressemitteilungen an die breite Öffentlichkeit.

## Rahmenbedingungen

Die Fraunhofer Projektgruppe IWKS übernimmt die Durchführung aller Arbeiten und die Leitung der Konsortialstudie. Darüber hinaus finden am IWKS begleitend zur Studie drei bis vier Workshops statt, an denen jedes Unternehmen mit max. zwei Vertretern teilnehmen kann.

**Projektstart: Oktober 2017**

**Laufzeit: 6 Monate**

**Kosten: 10.000 € pro Teilnehmer**

Die Konsortialstudie kommt zustande, wenn mindestens fünf Unternehmen oder Institutionen teilnehmen. Die Zusammenarbeit erfolgt auf Grundlage eines Kooperationsvertrags und einer Geheimhaltungsvereinbarung mit den einzelnen Teilnehmern. Die Ergebnisse stehen allen Teilnehmern der Studie offen.