



# PhosphatPlattformPlus – Entwicklung einer elektrochemischen Plattform zur Phosphatbestimmung sowie weiterer Parameter

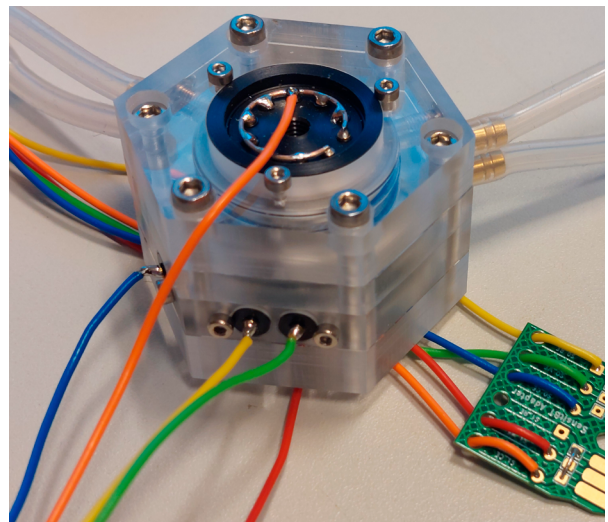
## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Phosphor ist ein lebensnotwendiges Element für alle Organismen und kommt in der Natur hauptsächlich in Form von Phosphat vor. Es wird vor allem in der Landwirtschaft als Düngemittel genutzt. Gleichzeitig stellen hohe Phosphatmengen in der Natur ein Problem dar: In Gewässern führt der Nährstoffüberschuss zu einem starken Algenwachstum und verringert den Sauerstoffgehalt, was Tieren und Pflanzen schadet. Neben Phosphat gibt es noch weitere Verbindungen wie Arsen, Nitrat und Silikat, die für die Wasserqualität relevant sind und daher überwacht werden müssen. Das Verbundprojekt PhosphatPlattformPlus entwickelt eine neuartige modulare Sensortechnologie für die Analyse dieser Stoffe. Im Gegensatz zu bisherigen Messsystemen werden dafür keine zusätzlichen Chemikalien benötigt.

### Nachweis vereinfachen und erweitern

Phosphate werden in Kläranlagen mit chemischen oder biologischen Verfahren aus dem Abwasser entfernt. Dabei gelingt es jedoch nicht, die Phosphate vollständig zu beseitigen, sodass Restmengen mit dem geklärten Abwasser – dem sogenannten Kläranlagenablauf – in Gewässer gelangen. Auch durch Regen ausgewaschene Düngemittel tragen zur Gewässerbelastung bei. Um die Wasserqualität zu sichern, wird der Phosphatgehalt in Kläranlagenabläufen sowie in Flüssen, Seen und Grundwasser regelmäßig überprüft. Bisher geschieht dies meist mit nasschemischen Verfahren. Hierbei werden Chemikalien zu Wasserproben hinzugefügt, um eine messbare Farbreaktion hervorzurufen. Ein wesentlicher Nachteil dieser Technik ist der hohe Aufwand: Die benötigten Nachweissubstanzen müssen mitgeführt und präzise über Pumpen und Zuleitungen dosiert werden. Solche Systeme sind daher groß, wartungsintensiv und teuer.

Das Projekt PhosphatPlattformPlus entwickelt eine flexible und modulare Lösung für die Wasseranalyse, die ohne Chemikalien auskommt. Grundlage sind die Ergebnisse eines vorherigen Forschungsprojekts, in dem ein erster elektrochemischer Sensor zur Phosphatmessung in Wässern entwickelt wurde. Nun soll dieser Sensor zu einer elektrochemischen Messplattform weiterentwickelt werden, die neben Phosphat auch weitere Wasserinhaltsstoffe wie Arsenat, Nitrat und Silikat bestimmen kann. Diese sind vor allem für die Trinkwasserqualität und industrielle Wasserkreisläufe von Bedeutung.



Funktionsmuster auf industriellem Niveau des PhosphatPlattformPlus-Sensors

### Vielseitiges und wartungsarmes Multiparameter-System

Das neue Sensorsystem soll alle benötigten Chemikalien für die Bestimmung von Phosphat, Arsenat, Nitrat oder Silikat durch elektrochemische Reaktionen selbst erzeugen. Zudem wird die Konzentration dieser Verbindungen nicht mehr optisch, sondern ebenfalls elektrochemisch analysiert. Das Gerät wird dadurch kompakter, wartungsärmer und kostengünstiger als herkömmliche Messgeräte. Ein weiterer Vorteil ist, dass es kontinuierlich Messwerte liefern kann – sogar in schwer zugänglichen Gewässern oder abgelegenen Regionen.

Durch einen modularen Aufbau kann das Sensorsystem flexibel erweitert werden, um verschiedene Stoffe gleichzeitig zu bestimmen. Zudem soll es so angepasst werden, dass es sowohl als eigenständiges Messgerät eingesetzt als auch in bestehende Messsysteme integriert werden kann.

### Breite Anwendungsmöglichkeiten

Die Ergebnisse des Projekts PhosphatPlattformPlus können dazu beitragen, die Überwachung der Wasserqualität nachhaltiger, effizienter und kostengünstiger zu gestalten. Der neue modulare Aufbau erhöht die Flexibilität der Sensortechnologie und erweitert die Einsatzmöglichkeiten des Systems erheblich. So kann die Plattform beispielsweise in Kläranlagen, Flüssen, Seen und Grundwassersystemen genutzt werden, um Umweltbelastungen frühzeitig zu erkennen. Auch in der industriellen Wasseraufbereitung – beispielsweise in Kraftwerken, wo Ablagerungen Komponenten und Systeme beeinträchtigen – oder bei der Lebensmittelproduktion kann die Technologie helfen, die Wasserqualität einfacher zu überprüfen.

#### Fördermaßnahme

KMU-innovativ, Technologiefeld „Ressourceneffizienz und Klimaschutz“, Anwendungsbereich „Nachhaltiges Wassermanagement“

#### Projekttitel

Entwicklung einer elektrochemischen Plattform zur Phosphatbestimmung sowie weiterer Parameter in wässrigen Systemen (PhosphatPlattformPlus)

#### Laufzeit

01.09.2024 – 31.08.2026

#### Förderkennzeichen

02WQ1704A-B

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

478.171 Euro

#### Kontakt

Dr. Michael Abert  
Angewandte Elektrochemie  
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7  
76327 Pfinztal  
E-Mail: michael.abert@ict.fraunhofer.de

#### Projektpartner

Gebrüder Heyl Analystechnik GmbH & Co. KG, Hildesheim

#### Internet

[ict.fraunhofer.de/de/projekte/PhosphatPlattformPlus](https://ict.fraunhofer.de/de/projekte/PhosphatPlattformPlus)

#### Herausgeber

Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR)  
Referat Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung  
53170 Bonn

#### Stand

September 2025

#### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA)

#### Gestaltung

Karlsruher Institut für Technologie (KIT),  
Campus Services (CSE) – Medienproduktion (MEP)

#### Bildnachweis

Gebrüder Heyl Analystechnik GmbH & Co. KG

# ReProTensid – Entwicklung eines innovativen und ressourceneffizienten Kreislaufschließungsverfahrens für Tensid-haltige Prozesswässer auf Basis einer flexiblen und kostengünstigen MEMS-Prozessmesstechnik für Tensidanalytik

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Die Industrie befindet sich im Wandel von einer „Wegwerfwirtschaft“ hin zu einer ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft. Ein wichtiger Aspekt hierbei ist die Wiederverwendung von Wasser aus industriellen Produktions- und Reinigungsprozessen. Es enthält eine Vielzahl an Stoffen und chemischen Rückständen, die die Aufbereitung erschweren. Das Verbundprojekt ReProTensid entwickelt ein ressourcenschonendes Verfahren, um tensidhaltige Prozesswässer mehrfach zu nutzen. Eine neue Sensortechnologie soll helfen, die Reinigungsvorgänge zu optimieren.

### Kreisläufe für Prozess- und Spülwässer schließen

Tenside sind die Hauptbestandteile von Wasch- und Reinigungsmitteln. Sie lösen hartnäckige Verschmutzungen wie Öl und Fett, indem sie die Oberflächenspannung des Wassers senken und die Schmutzpartikel umhüllen. In industriellen Reinigungsprozessen werden Tenside daher in großen Mengen eingesetzt. Die Aufbereitung tensidhaltiger Abwässer ist jedoch bislang ein Problem: Tenside bilden komplexe Strukturen, die ihr Herausfiltern erschweren. Zudem belasten sie die Umwelt, wenn sie nicht zurückgewonnen werden. Eine weitere Schwierigkeit ist, dass es keine zuverlässigen und günstigen Messmethoden für Tenside in Prozesswässern gibt. Hilfsweise wird stattdessen oft die elektrische Leitfähigkeit des Wassers gemessen. Doch diese günstige Methode ist meist wenig geeignet, da Schmutzpartikel, Öl und Tenside die Leitfähigkeit nur gering beeinflussen.

Das Projekt ReProTensid entwickelt ein präzises und erschwingliches Messsystem für Tenside auf Grundlage miniaturisierter Sensoren. Diese können die Oberflächenspannung des Wassers messen und somit zuverlässig Aufschluss über die Tensidkonzentration geben. Darüber hinaus helfen sie, den Verbrauch von Chemikalien, Wasser und Energie zu reduzieren.



Das Bild zeigt ein herkömmliches Messverfahren mit Blasendrucktensiometrie. Die dabei gemessene Oberflächenspannung dient als Grundlage zur Optimierung der Reinigungsleistung in Prozessbädern und zur Steuerung ihres Recyclings.

### Mini-Sensoren als Herzstück

Die neuen Sensoren, sogenannte MEMS (mikroelektromechanische Systeme), sind sehr klein, kostengünstig und werden im Projekt speziell für die Anforderungen in der Wasseraufbereitung entwickelt. Die Forschenden erproben dafür unterschiedliche Messmethoden, um herauszufinden, welche die genauesten Ergebnisse gewährleisten.

Die Mini-Sensoren bilden das Herzstück eines umfassenden Gesamtsystems zur Kreislaufschließung. Am Anfang dieses Prozesses stehen innovative Vorfiltersysteme, die grobe Verunreinigungen wie Haare, Flusen oder

Metallspäne aus dem Prozesswasser entfernen. Die Filter bestehen aus speziellen Materialien, die mit 3D-Druck hergestellt werden. Sie sind so gestaltet, dass sie Tenside auffangen und bei Bedarf freisetzen können, um sie wiederzuverwenden. Das minimiert den Verlust wertvoller Tenside und reduziert den Bedarf an Frischwasser und Chemikalien im Reinigungsprozess.

Die Sensoren werden in eine kompakte Mess- und Steuerungseinheit integriert. Sie überwacht die Tensidkonzentration und andere chemische Parameter wie pH-Wert, Leitfähigkeit und Trübung im Prozesswasser in Echtzeit. Die Steuerung, die durch maschinelles Lernen verbessert werden kann, erkennt automatisch, wenn Reinigungs- und Wartungsprozesse fällig sind und führt diese aus. So werden Wasser, Energie und Chemikalien effizient genutzt und die Betriebskosten gesenkt.

### Smarte Recyclinganlage für viele Branchen

Das Projekt ReProTensid verbindet innovative Sensorik mit nachhaltigem Wassermanagement. Das intelligente Recycling-System, das die im Projekt entwickelten MEMS-Sensoren, das Vorfiltersystem und automatisierten Steuerungen vereint, kann flexibel an verschiedene Arten von Prozesswässern angepasst und somit in vielen Branchen eingesetzt werden: von Wäschereien über die Metallbearbeitung bis hin zur Lebensmittelindustrie. Darüber hinaus könnten die Sensoren als tragbare Geräte oder zur Steuerung kleinerer Reinigungsbäder eingesetzt werden, was ihre Anwendungsmöglichkeiten weiter vergrößert.



Bild aus Recyclingversuchen in der Vorwäsche einer industriellen Wäscherei: Von links: Rohwasser, Konzentrat, Ultrafiltrat (kaum Tenside), Mikrofiltrat (viele Tenside).

#### Fördermaßnahme

KMU-innovativ, Technologiefeld „Ressourceneffizienz und Klimaschutz“, Anwendungsbereich „Nachhaltiges Wassermanagement“

#### Projekttitel

Entwicklung eines innovativen und ressourceneffizienten Kreislaufschließungsverfahrens für Tensid-haltige Prozesswässer auf Basis einer flexiblen und kostengünstigen MEMS-Prozessmesstechnik für Tensidanalytik (ReProTensid)

#### Laufzeit

01.09.2024 – 31.08.2026

#### Förderkennzeichen

02WQ1723 A, B, D, E

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

785.782 Euro

#### Kontakt

Dr. Stephan Hussy  
Atec Automatisierungstechnik GmbH  
Emmi-Noether-Straße 6  
89231 Neu-Ulm  
Telefon: +49 (0) 731 977 59 0  
E-Mail: info@atec-nu.de

#### Projektpartner

5microns GmbH, Ilmenau  
DataPhysics Instruments GmbH, Filderstadt  
Hohenstein Innovations GmbH, Bönnigheim

#### Internet

atec-nu.de

#### Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung  
53170 Bonn

#### Stand

Januar 2025

#### Text

Projektträger Karlsruhe (PTKA)

#### Gestaltung

Karlsruher Institut für Technologie (KIT),  
Campus Services (CSE) – Medienproduktion (MEP)

#### Bildnachweise

Vorder- und Rückseite: Atec Automatisierungstechnik GmbH

[bmbf.de](https://www.bmbf.de)

# AbWiFaser – Kombination aus Abwasser- nachbehandlung und Wasserwiederverwendung zum Faserpflanzenanbau

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Kläranlagen müssen aufgrund europäischer Vorgaben künftig deutlich strengere Grenzwerte für Stickstoff und Phosphor einhalten. Viele Betreiber setzen daher auf neue technische Reinigungsschritte. Diese sind jedoch teuer und energieaufwendig. Hier setzt das Projekt AbWiFaser an: Es entwickelt ein pflanzenbasiertes Aufbereitungsverfahren, das die Nachbehandlung von gereinigtem Abwasser mit dem Anbau von Faserpflanzen wie Brennesseln für industrielle Zwecke kombiniert.

### Abwasser weiter aufbereiten und nachhaltig nutzen

Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor aus Kläranlagen belasten die Gewässer, indem sie beispielsweise ein übermäßiges Algenwachstum fördern. Die überarbeitete europäische Abwasserrichtlinie schreibt deshalb vor, dass Kläranlagen den Nährstoffgehalt in gereinigtem Abwasser weiter senken müssen. Zugleich soll aufbereitetes Abwasser stärker für die Landwirtschaft genutzt werden, etwa zur Bewässerung.

Das Verbundprojekt AbWiFaser entwickelt dafür ein naturnahes Abwasseraufbereitungsverfahren, das an die bestehende Technologie in Kläranlagen anknüpft. Nach Durchlaufen einer sogenannten dritten Reinigungsstufe ist das Abwasser meist sauber genug, dass es in Flüsse geleitet werden kann. Es enthält aber immer noch so viele Nährstoffe, dass es sich zum Beispiel für den Anbau von stickstoffliebenden Pflanzen wie Brennesseln eignet. Diese nehmen die Nährstoffe auf und reduzieren so den Gehalt an Stickstoff und Phosphor im Wasser. Gleichzeitig liefern die faserreichen Brennesseln wertvolles Material für die Textilproduktion.

### Ebbe-Flut-Prinzip

Brennesseln sind mehrjährige Pflanzen, die bei guter Nährstoffversorgung zwei Mal pro Jahr geerntet werden können. Im Projekt AbWiFaser werden sie in einem sogenannten hydroponischen System angebaut. Die Pflanzen wachsen in langen Becken, welche mit dem vorgereinigten Abwasser aus der Kläranlage beschickt werden. Das System funktioniert nach dem Ebbe-Flut-Prinzip: Eine

automatisierte Be- und Entwässerung sorgt dafür, dass der Wasserstand in den Becken in regelmäßigen Abständen ansteigt und wieder sinkt. Dadurch können die Pflanzenwurzeln Nährstoffe aus dem Abwasser und Sauerstoff aus der Luft aufnehmen. Dieses System sorgt für eine natürliche Nachreinigung des Abwassers und kann direkt an die Kette der Reinigungsstufen einer Kläranlage angehängt werden. Gleichzeitig nutzen die Pflanzen die herausgefilterten Nährstoffe für ihr Wachstum und bilden dabei wertvolle Biomasse.

Das System benötigt nur wenig Energie und kommt ohne den Einsatz weiterer Hilfsstoffe oder Chemikalien aus. Dadurch sind Betriebsaufwand und Kosten viel geringer als bei herkömmlichen technischen Nachbereitungsverfahren. Die Forschenden überwachen und optimieren die Filterleistung über einen Zeitraum von 18 Monaten. Sie wollen nachweisen, dass das hydroponische Brennesselfiltersystem die Vorgaben der neuen kommunalen Abwasserrichtlinie erfüllt.



Die für das Filtersystem genutzten Fasernesselpflanzen werden angezchtet.

Zusätzlich wird untersucht, ob das Anbausystem hochwertige Fasern für die Textilindustrie liefern kann. Deren Qualität hängt maßgeblich von der richtigen Versorgung mit Wasser und Nährstoffen ab. Rückschlüsse liefern verschiedene Qualitätsmerkmale wie die Faserlänge, die von den Projektbeteiligten überprüft werden. Ziel ist es, einen regionalen und nachhaltigen Rohstoff zu schaffen, der als umweltfreundliche Alternative zu Baumwolle genutzt werden kann.



Zwei größere hydroponische Nesselbodenfilter werden angelegt, um Abwasser nachzubehandeln und Fasernesseln zu produzieren.

## Umweltfreundlich und kostengünstig

Viele große und mittelgroße Kläranlagen müssen aufgrund der strengeren Grenzwerte der neuen EU-Kommunalabwasserrichtlinie in den nächsten Jahren in zusätzliche Aufbereitungsstufen investieren. Die im Projekt AbWiFaser entwickelte naturbasierte Abwasser-Nachreinigung bietet eine nachhaltige Alternative zu energieintensiven und deutlich teureren technischen Methoden. Insbesondere für die in Deutschland überwiegend vorhandenen mittleren Anlagen könnte das AbWiFaser-Verfahren attraktiv sein, da dort oft genug Platz für den Anbau der Pflanzen vorhanden ist.

Neben geringeren Betriebskosten eröffnet das Verfahren auch neue wirtschaftliche Möglichkeiten für die bei der Nachreinigung entstehende Brennnesselbiomasse: Sie kann als umweltfreundlicher Rohstoff für die Textilerzeugung genutzt werden und bietet Potenzial für weitere Anwendungen im Bauwesen, der Papierindustrie oder auf dem Gebiet der Biowerkstoffe.

### Fördermaßnahme

KMU-innovativ, Technologiefeld „Ressourceneffizienz und Klimaschutz“, Anwendungsbereich „Nachhaltiges Wassermanagement“

### Projekttitel

Kombination aus Abwassernachbehandlung und Wasserwiederverwendung zum Faserpflanzenanbau (AbWiFaser)

### Laufzeit

01.07.2024 – 30.06.2026

### Förderkennzeichen

02WQ1722A-B

### Fördervolumen des Verbundprojektes

354.304 Euro

### Kontakt

Dr. rer. nat. Jens Dautz  
TERRA URBANA Umlandentwicklungsgesellschaft mbH  
Nächst Neuendorfer Landstraße 6a  
15806 Zossen  
Telefon: +49 (0)3377 300 796  
E-Mail: [jdautz@terraurbana.de](mailto:jdautz@terraurbana.de)

### Projektpartner

Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft und Klimazukunft an der RWTH Aachen e. V. (FIW), Aachen

### Internet

[terraurbana.de/2024/11/15/abwifaser-kombination-aus-abwassernachbehandlung-und-wasserwiederverwendung-zum-faserpflanzenanbau](https://terraurbana.de/2024/11/15/abwifaser-kombination-aus-abwassernachbehandlung-und-wasserwiederverwendung-zum-faserpflanzenanbau)

### Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung  
53170 Bonn

### Stand

Februar 2025

### Text

Projektträger Karlsruhe (PTKA)

### Gestaltung

Karlsruher Institut für Technologie (KIT),  
Campus Services (CSE) – Medienproduktion (MEP)

### Bildnachweise

Vorder- und Rückseite:  
TERRA URBANA Umlandentwicklungsgesellschaft mbH

**bmbf.de**

# STEAM – Stickstoffentfrachtung mittels fraktionierter Eindampfung

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Zur Erzeugung von Biogas werden unter anderem Substrate aus der Landwirtschaft wie Gülle und Gärreste eingesetzt. Deren hoher Gehalt an der Stickstoffverbindung Ammoniak führt jedoch häufig zu Störungen bei der Biogasproduktion. Das Forschungsprojekt STEAM zielt darauf ab, Stickstoff mit einem neuartigen Verfahren energieeffizienter und damit kostengünstiger als bislang zu entfernen. Gleichzeitig könnten neue Ausgangsstoffe für die Biogasproduktion und weitere Einsatzmöglichkeiten für den zurückgewonnenen Stickstoff erschlossen werden. Das Projekt baut dabei auf einem erprobten Verfahren auf und entwickelt es weiter.

### Aufbereitung landwirtschaftlicher Substrate

Um Biogas zu erzeugen, wird organisches Material in Biogasanlagen von Bakterien unter Luftabschluss abgebaut. Bei dieser sogenannten anaeroben Vergärung entsteht Ammoniak, eine stickstoffhaltige Verbindung. Wenn zu viel Ammoniak im Prozess vorhanden ist, kann das die Bakterien stören oder sogar hemmen – sie arbeiten dann langsamer oder gar nicht mehr. Eine solche Ammoniakhemmung tritt vor allem dann auf, wenn stark stickstoffhaltige Materialien verwendet werden, beispielsweise Gülle oder Reststoffe aus der Lebensmittelproduktion. Ihr Einsatz wird politisch dennoch gefördert, weil sie nachhaltig sind und keine neuen Anbauflächen für Energiepflanzen benötigen.

Um den Vergärungsprozess nicht zu beeinträchtigen, muss der Stickstoffgehalt der flüssigen Inputstoffe reduziert werden. Dafür eignet sich beispielsweise die fraktionierte Eindampfung. Der Prozess beruht auf den unterschiedlichen Siedetemperaturen von Bestandteilen in Flüssigkeiten: Stickstoff in Form von Ammoniak verdampft aufgrund seiner niedrigeren Siedetemperatur schneller als Wasser. Dieser Dampf wird abgekühlt und als flüssiges Kondensat aufgefangen. Durch eine Aufteilung des Kondensats können einzelne Fraktionen mit unterschiedlichen Ammoniumkonzentrationen erzeugt und jeweils bedarfsgerecht weitergenutzt werden. Hochkonzentriertes Ammoniakwasser lässt sich beispielsweise direkt als Rohstoff für die Herstellung von Düngemitteln verwenden oder kann noch weiter aufkonzentriert und außerhalb der Landwirtschaft in anderen Industriebereichen eingesetzt werden. Weitere Teile des Kondensats enthalten dagegen nur noch sehr geringe Stickstoffanteile und können als nahezu reines Wasser für Betriebszwecke wiederverwendet werden.

Das Prinzip der fraktionierten Eindampfung wurde bereits erfolgreich in einem früheren Projekt getestet. Bei STEAM liegt der Fokus darauf, diese Technologie speziell für die Biogasproduktion zu optimieren. Ziel ist es, die Ammoniakausbeute mit weniger Energieaufwand weiter zu erhöhen und somit die Effizienz von Biogasanlagen zu steigern. Zudem sorgt eine Vorbehandlung mit der fraktionierten Eindampfung dafür, dass bestimmte Stoffe wie Bioabfälle überhaupt erst für die Biogasproduktion in Frage kommen.

### Zentrale Neuerungen im Verfahren

Eine zentrale Prozessneuerung ist der Einsatz eines sogenannten „Dephlegmators“. Er sorgt für eine noch bessere Dampfabtrennung, sodass nur bestimmte Bestandteile kondensieren, während andere weiter als Dampf aufsteigen. Somit kann der Stickstoff im Kondensat noch



Im Projekt STEAM wird das Verfahren der fraktionierten Eindampfung weiterentwickelt. Das Bild zeigt eine dreistufige Anlage zur fraktionierten Eindampfung.

konzentrierter und energieeffizienter aufgefangen werden. Durch einen weiteren Schritt, die sogenannte „Rektifikation“, lässt sich zudem eine besonders reine und hochkonzentrierte Ammoniaklösung erzeugen, die sich für industrielle Anwendungen eignet. Der Dephlegmator wird im Projekt STEAM großtechnisch erprobt. Eine automatisierte Steuerung der Anlage soll dafür sorgen, dass der gesamte Prozess immer störungsfrei funktioniert, selbst wenn die Zusammensetzung der behandelten Flüssigkeiten variiert.

## Ökologische Vorteile und wirtschaftlicher Mehrwert

Das Projekt STEAM bietet eine innovative und umweltfreundliche Lösung für die Stickstoffentfrachtung, erhöht die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen und erschließt neue Marktpotenziale für die erzeugten Produkte in Landwirtschaft und Industrie. Die optimierte Technologie ermöglicht eine Nährstoffrückgewinnung, die eine Alternative zur CO<sub>2</sub>-intensiven Ammoniakproduktion nach dem Haber-Bosch-Verfahren darstellt. Substrate, die bisher als ungeeignet galten, können durch die Stickstoffreduktion effizient für die Biogasproduktion genutzt werden. Verbesserte Prozessabläufe in Biogasanlagen erhöhen deren Methanausbeute und Wirtschaftlichkeit. Es besteht ein großes Potenzial für den Einsatz der Technologie durch die Nachrüstung bestehender Anlagen, insbesondere für Wirtschaftsdünger.



Rektifikationskolonne in der Anlage: Durch den Prozessschritt der Rektifikation kann besonders reines Ammoniakwasser erzeugt werden.

### Fördermaßnahme

KMU-innovativ, Technologiefeld „Ressourceneffizienz und Klimaschutz“, Anwendungsbereich „Nachhaltiges Wassermanagement“

### Projekttitel

Stickstoffentfrachtung mittels fraktionierter Eindampfung (STEAM)

### Laufzeit

01.06.2024 – 30.11.2025

### Förderkennzeichen

02WQ1724

### Fördervolumen des Projektes

165.690 Euro

### Kontakt

Dr.-Ing. Paul Stopp  
BIORESTEC GmbH  
Karlsruher Straße 20A  
30880 Laatzen  
Telefon: +49 (0) 511 546 110 02  
E-Mail: info@biorestec.de

### Internet

biorestec.de

### Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung  
53170 Bonn

### Stand

Januar 2025

### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA)

### Gestaltung

Karlsruher Institut für Technologie (KIT),  
Campus Services (CSE) – Medienproduktion (MEP)

### Bildnachweise

Vorder- und Rückseite: BIORESTEC GmbH

# ZUMISPEK – Zustandsgeregelte mikrobiologische Klärschlammbehandlung zur Steigerung der Phosphor- und Energieausbeute in Kläranlagen

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Kläranlagen verbrauchen viel Energie und setzen erhebliche Mengen Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) frei. Gleichzeitig sind die darin anfallenden Klärschlämme ein bedeutendes Reservoir für Rohstoffe wie Phosphor, die bisher nur mit großem Aufwand zurückgewonnen werden können. Das Verbundprojekt ZUMISPEK nutzt spezielle Bakterien, um Phosphor effizient zu recyceln und gleichzeitig die Produktion von Biogas zu erhöhen. Die Bakterien werden in Reaktoren direkt auf der Kläranlage gezüchtet und dem Klärschlamm bedarfsgerecht zudosiert.

### Angepasste Zugabe von Mikroorganismen

Kläranlagen gehören zu den größten Energieverbrauchern unter den kommunalen Einrichtungen. Trotz aller Einsparbemühungen durch effizientere Klärtechnik und eigene Energieerzeugung ist der CO<sub>2</sub>-Ausstoß immer noch hoch. Andererseits stellen die bei der Abwasserreinigung erzeugten Klärschlämme eine große nichtfossile Quelle für Phosphor dar. Der Rohstoff wird zum Beispiel in Düngemitteln benötigt und wird immer knapper. Die Rückgewinnung von Phosphor ist bislang aber noch aufwendig und benötigt zumeist teure chemische Hilfsmittel, die die Umwelt belasten.

Das Projekt ZUMISPEK setzt auf eine mikrobiologische Alternative, um das Phosphorrecycling einfacher und umweltfreundlicher zu gestalten: Klärschlämme werden mit speziellen Bakterienkulturen behandelt. Diese bauen die organischen Bestandteile des Klärschlammes rein biologisch ohne zusätzliche Fällmittel ab und binden Phosphor besonders wirksam. Neu an diesem Ansatz ist, dass die für den Prozess benötigten Bakterien in speziellen Reaktoren direkt auf der Kläranlage gezüchtet und dem Klärschlamm bedarfsgerecht zugeführt werden. Die biologische Phosphorelimination kann dann sehr viel stabiler und somit effizienter als bisher verlaufen. Dies sorgt nicht nur für eine bessere Phosphorausbeute, sondern erhöht auch die Biogasproduktion. Kläranlagen benötigen somit deutlich weniger externen Strom. Zusätzlich sinkt auch die Klärschlammmenge, die entsorgt werden muss, erheblich.

### Maßgeschneiderte Reaktortechnik und Software

Die für die biologische Phosphorelimination zuständigen Bakterien sind zwar grundsätzlich bereits im Abwasser vorhanden. Dort können sie aber nicht lange überleben, müssen ständig nachgezüchtet und dem Klärschlamm zudosiert werden, um den Prozess stabil zu halten. Diese Biomasseproduktion soll im Projekt ZUMISPEK nicht wie üblich in einem zentralen Labor, sondern erstmals direkt vor Ort in einem Reaktor auf der Kläranlage erfolgen. Dort werden die Bakterien exakt an die mikrobiologischen Verhältnisse des Faulschlammes angepasst und gezielt vermehrt.

Um die optimalen Mikroorganismen zu finden, isolieren die Forschenden Bakterien aus Klärschlamm und analysieren sie mit moderner Gensequenzierung. Im Labor wird erprobt, welche Stämme besonders geeignet sind, Phosphor zu binden und organische Stoffe im Abwasser abzubauen.



Im Belüftungsbecken der Kläranlage findet die biologische Phosphorrückgewinnung statt.

Diese Tests werden anschließend unter realitätsnahen Bedingungen auf dem Lehr- und Forschungsklärwerk der Universität Stuttgart überprüft. Das Wachstum der ausgewählten Bakterien im Reaktor wird durch eine intelligente Software überwacht und gesteuert. Sensoren in der Kläranlage liefern Daten, um den besten Zeitpunkt und die optimale Menge für die Zugabe der Bakterien zum Klärschlamm zu bestimmen. Diese zustandsabhängige Regelung sorgt für stabile Prozesse, die eine besonders gute Phosphorbindung und Energieausbeute ermöglichen. Gleichzeitig wird durch die dezentrale Nachzucht der Bakterien vor Ort der Aufwand für Transport und externe Produktion minimiert. Das verringert die Emissionen zusätzlich.

### Einsatz auch in kleinen und mittleren Anlagen

Die in ZUMISPEK entwickelte anlagenspezifische, automatisierte Technologie zur mikrobiologischen Klärschlammbehandlung bietet vielfältige wirtschaftliche und ökologische Vorteile. Die Lösung kann flexibel und kostengünstig auf verschiedene Anlagengrößen übertragen werden. Das macht sie auch für mittlere und kleine Kläranlagen interessant, die oft nur begrenzte finanzielle und technische Ressourcen haben. Die Projektverantwortlichen gehen von einem Marktpotenzial von etwa 7.000 Kläranlagen allein in Deutschland und bis zu 50.000 in Europa aus, die mit der Technologie aus- oder nachgerüstet werden können.

#### Fördermaßnahme

KMU-innovativ, Technologiefeld „Ressourceneffizienz und Klimaschutz“, Anwendungsbereich „Nachhaltiges Wassermanagement“

#### Projekttitel

Zustandsgeregelte mikrobiologische Klärschlammbehandlung zur Steigerung der Phosphor- und Energieausbeute in Kläranlagen (ZUMISPEK)

#### Laufzeit

01.02.2024 – 31.07.2027

#### Förderkennzeichen

02WQ1703A-C

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

1.021.315 Euro

#### Kontakt

Gottlieb Hupfer  
ALMAWATECH GmbH  
In den Steinäckern 26  
64832 Babenhausen  
Telefon: +49 (0) 6073 68747-0  
E-Mail: [info@almawatech.com](mailto:info@almawatech.com)

#### Projektpartner

GreenGate AG, Windeck  
Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau,  
Wassergüte- und Abfallwirtschaft – Lehr- und Forschungs-  
klärwerk (LFKW), Stuttgart

#### Internet

[almawatech.com](http://almawatech.com)

#### Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung  
53170 Bonn

#### Stand

Januar 2025

#### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA)

#### Gestaltung

Karlsruher Institut für Technologie (KIT),  
Campus Services (CSE) – Medienproduktion (MEP)

#### Bildnachweis

Universität Stuttgart

**bmbf.de**