



# CaFroPeSens – Entwicklung eines reagenzienfreien elektrochemischen Sensorsystems für die Online-Bestimmung der Phosphatkonzentration in Abwässern

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Steigende Einträge von Phosphat durch Düngemittel oder über Produkte der Reinigungsindustrie in die Gewässer führen dazu, dass dieser Nährstoff stark zunimmt und die Wasserqualität sich verschlechtert. Bisherige Nachweisverfahren nutzen eine standardisierte Methode, die die Zugabe bestimmter Chemikalien benötigt und auf wartungsintensive Systeme angewiesen ist. Forschende im Verbundprojekt CaFroPeSens wollen ein Verfahren entwickeln, das komplett auf externe Chemikalien verzichtet. Ein kompakter Phosphatsensor stellt stattdessen alle notwendigen Substanzen selbst her.

### Ziel: Phosphatnachweis vereinfachen

Die starke Belastung von Flüssen, Seen, Meeren und Grundwasser mit der Phosphorverbindung Phosphat wird vor allem durch zwei Eintragspfade verursacht: Kläranlagenabläufe und landwirtschaftliche Düngung. Diese sind grob für jeweils die Hälfte der Einträge verantwortlich. Die dadurch verursachte Zunahme von Nährstoffen in den Gewässern und im Grundwasser führt zu einem rasanten Algenwachstum. Nach Absterben der Algenmassen werden durch Zersetzungs Vorgänge erhebliche Mengen Sauerstoff verbraucht. Dies setzt weitere chemische Reaktionen in Gang, die das Überleben von Fischen und anderen sauerstoffabhängigen Lebewesen in den Gewässern gefährden.

Technisch lässt sich Phosphat in Kläranlagen durch eine spezielle Reinigungsstufe entfernen. Diese ist jedoch teuer, sodass die Klärwerke damit nicht flächendeckend ausgerüstet sind. Um den Kläranlagenablauf zu kontrollieren und auch den Zustand von Flüssen, Seen oder Grundwasser gezielt zu überprüfen, muss der Phosphatgehalt überwacht werden. Dies geschieht heute überwiegend mit einer nasschemischen Methode. Hierbei werden Chemikalien zu den Wasserproben zugegeben und deren Verfärbung gemessen. Nachteil: Die Nachweissubstanzen müssen mitgeführt und zum richtigen Zeitpunkt über Pumpen und Zuleitungen in der richtigen Konzentration zugegeben werden, um eine korrekte Bestimmung zu ermöglichen. Dadurch sind nasschemische Systeme sehr groß, aufwändig in der Wartung und teuer im Betrieb.



Der Phosphatsensor soll zur fortlaufenden Überwachung der Phosphatkonzentrationen in Zu- und Abläufen von Kläranlagen eingesetzt werden

Hier setzt das Verbundprojekt CaFroPeSens an. Ziel der Beteiligten ist es, die gängigen nasschemischen Nachweis-systeme künftig durch eine elektrochemische Methode zu ersetzen, die erstmals ohne die Zugabe von Nachweissubstanzen auskommt.

### Kompaktes, wartungsarmes und günstiges Sensorsystem

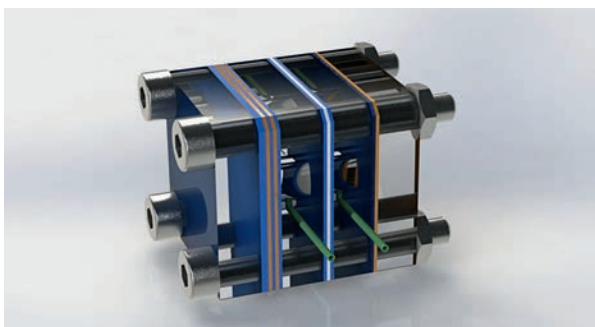
Die Forschenden wollen dazu ein handliches Sensorsystem entwickeln, das alle für die Phosphatbestimmung notwendigen Chemikalien durch elektrochemische Reaktionen selbst erzeugt. Auch die Konzentration des Phosphats soll nicht mehr optisch mithilfe empfindlicher Lichtquellen, sondern ebenfalls elektrochemisch bestimmt werden. Das neue System soll dadurch kompakter, wartungsärmer und günstiger im Betrieb als

bisherige Analytoren sein und eine dauerhafte Online-Messung der Phosphatkonzentrationen auch in schwer zugänglichen Gewässern und entlegenen Gebieten ermöglichen.

Darüber hinaus arbeiten die CaFroPeSens-Partner an der Entwicklung einer sogenannten Multiparametersonde, die neben Phosphat auch verschiedene andere Messwerte zur Wasserqualität automatisch erfassen und übermitteln soll. Dazu werden in die Sonde, die als autark arbeitender, intelligenter Sensor konzipiert ist, neben dem neuen elektrochemischen Phosphat-Sensor, zusätzlich weitere Sensoren wie z. B. Temperaturfühler, pH-Sonden oder Leitfähigkeitssensoren eingebunden.

### Große Marktchancen im In- und Ausland

Zu Abschluss des Projektes wollen die Forschenden eine marktfähige elektrochemische Phosphatsonde anbieten. Aufgrund der Vorteile des neuen Systems – keine Verbrauchsmaterialien, geringe Größe, wartungsarm – gehen sie von einem großen Interesse potenzieller Anwender aus. Dies sind sehr zahlreich: Allein in Deutschland gibt es knapp 10.000 kommunale Abwasserbehandlungsanlagen, die ihre Phosphatkonzentrationen in den Zu- und Abläufen überwachen müssen, um ihre Prozesse zu optimieren und die Qualität der Reinigung zu kontrollieren. Weiterhin ist jeder abwasserproduzierende Gewerbe und Industriebetrieb verpflichtet, die Konzentration an Schadstoffen in seinen Abwässern vor Einleitung in das kommunale Abwassersystem zu überprüfen. Da das wachsende Umweltbewusstsein auch in Schwellenländern zu strengeren Auflagen führt, ist das neue Sensorsystem über Deutschland und andere Industrienationen hinaus auch für diese Märkte interessant.



Erster Entwurf des zukünftigen Phosphatsensors

#### Fördermaßnahme

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

#### Projekttitel

Entwicklung eines reagenzienfreien elektrochemischen Sensorsystems für die Online-Bestimmung der Phosphatkonzentration in Abwässern mittels Multiparametersonden (CaFroPeSens)

#### Förderkennzeichen

02WQ1483A-D

#### Laufzeit

01.01.2019 – 31.12.2020

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

740.000 Euro

#### Kontakt

Hochschule Karlsruhe - Technik und Wirtschaft  
Institut für Angewandte Forschung (IAF)  
Prof. Dr. Karsten Pinkwart  
Moltkestraße 30  
76133 Karlsruhe  
Telefon: +49 (0)721 9251-360  
E-Mail: karsten.pinkwart@hs-karlsruhe.de

#### Projektpartner

Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, Pfinztal  
Gebrüder Heyl Analysetechnik GmbH & Co. KG, Hildesheim  
SEBA Hydrometrie GmbH & Co. KG, Kaufbeuren

#### Internet

[www.hs-karlsruhe.de/presse/projekt-cafropesens/](http://www.hs-karlsruhe.de/presse/projekt-cafropesens/)

#### Herausgeber

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

#### Stand

April 2020

#### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

Vorderseite: Stefan Kritzer  
Rückseite: Sebastian Geiger, Fraunhofer ICT

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



# MBR 4.0–Entwicklung digitaler Lösungen zur Optimierung der Steuerungstechnik und des Wartungsmanagements für dezentrale MBR

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

**Membranbelebungsreaktoren (MBR) sind besonders kompakte und leistungsfähige Anlagen zur biologischen Abwasserbehandlung. Sie kommen vor allem dort zum Einsatz, wo es auf eine hohe Qualität des gereinigten Abwassers ankommt oder wenig Platz vorhanden ist – u.a. auf Schiffen, in ländlichen oder schwer zugänglichen Gebieten, in der Industrie sowie in wasserarmen Regionen, in denen das Abwasser recycelt werden soll. Nachteil ist jedoch bislang ihr hoher Energieverbrauch. Das Verbundprojekt MBR 4.0 entwickelt ein intelligentes Steuerungs- und Regelungskonzept, das die Energieeffizienz von MBR-Anlagen verbessern soll. Smarte Messgeräte erfassen zusätzlich Anlagendaten in Echtzeit, um eine vorausschauende Wartung zu ermöglichen.**

### Flexible Belüftung hilft beim Energiesparen

Membranbioreaktoren (MBR) kombinieren die klassische biologische Abwasserreinigung mit Membrantechnik: Bakterien und Kleinstlebewesen reinigen das Wasser wie in einem konventionellen Belebungsbecken. Dann strömt das Wasser durch Membranen mit winzigen Poren, die es mechanisch von Kleinstteilchen und potenziell krankheitserregenden Mikroorganismen befreien und so eine hohe Ablaufqualität ermöglichen. Da die MBR-Anlagen auf ein Nachklärbecken verzichten, benötigen sie nur wenig Platz. Sie können daher für die dezentrale Abwasserreinigung eingesetzt werden.

MBR-Membranen müssen jedoch intensiv belüftet werden. Die Belüftung verhindert ein Verstopfen durch Feststoffe, die sich bei der Abwasserreinigung absetzen. Dieser Prozess erfordert viel Energie und wirkt sich somit negativ auf die Betriebskosten von Membranbioreaktoren aus. Bislang nicht berücksichtigt bei der Belüftungssteuerung werden die Mengen und Zusammensetzungen des zu behandelnden Abwassers, die im Tagesverlauf sehr unterschiedlich ausfallen können. Hier setzt das Verbundprojekt MBR 4.0 an: Die Forschenden wollen eine belastungsabhängige intelligente Steuerung entwickeln, die die Belüftungszeiten im Membranbioreaktor ja nach der Ammonium- und Nitratkonzentration des Abwassers variiert. Verknüpft werden soll die intelligente Steuerung mit einer vorausschauenden Wartung des Membranbioreaktors, um den Einsatz von Personal und Ersatzteilen besser planen zu können. Beide Maßnahmen tragen dazu bei, die Kosten für die Abwasserreinigung zu senken.

### Transparenter Membranbioreaktor als Grundlage

Auf Grundlage von zuvor durchgeführten Modellierungen erproben die Projektbeteiligten das neue MBR-Regelungskonzept in einer Pilotanlage mit realem Abwasser. Im ersten Schritt wird die Pilotanlage dafür mit smarter Messtechnik ausgestattet, um einen Überblick über den Anlagenbetrieb und –zustand zu erhalten. Die Messgeräte erfassen die MBR-Maschinen- und Umgebungsdaten – etwa Sauerstoffkonzentration, Abwasserzufluss oder Stromverbrauch – in Echtzeit. Die Daten können mithilfe einer Steuerungs-App, die ebenfalls neu im Projekt MBR 4.0 erstellt wird, zur Fernüberwachung der Prozesse genutzt werden.

Darauf aufbauend wollen die Projektpartner in einem weiteren Schritt eine intelligente Regelungstechnik entwickeln. Sie soll den Betrieb und den Energieverbrauch



Eine MBR-Pilotanlage für die Abwasserbehandlung an einem chinesischen Standort

der Anlagen präzise auf die Belastung der Abwässer abstimmen. Dazu können die Ammonium- und Nitratkonzentrationen bei der Regelung frei eingestellt und mit variablen Belüftungszeiten kombiniert werden. Weiterer positiver Effekt einer belastungsabhängigen Steuerung: eine verlängerte Lebensdauer der Membranen.

Im letzten Schritt verbessern die Forschenden den aufwändigen Wartungsprozess von dezentralen MBR-Anlagen. So können etwa auf Schiffen installierte Reaktoren derzeit nur während der kurzen Liegezeiten im Hafen gewartet und repariert werden. Auf Basis der Daten zum Anlagenzustand – etwa des Feinrechens oder der Membran – und in Kombination mit der intelligenten Steuerung soll daher eine vorausschauende Wartung entwickelt werden. Mithilfe eines neuen Entscheidungsunterstützungssystems können für die Wartung erforderliche Ressourcen wie Personal oder Ersatzteile frühzeitig nach Bedarf eingeplant werden, bevor es tatsächlich zum Stillstand der Anlage kommt.



Das neue Regelungskonzept wird in einer Pilotanlage für die Aufbereitung kommunaler Abwässer getestet

### Vorteil: Zuverlässigerer Betrieb und planbarer Service

Die im Verbundprojekt MBR 4.0 entwickelten digitalen Lösungen bieten für Betreiber von MBR-Anlagen zwei wesentliche Vorteile: erstens einen zuverlässigeren und energieeffizienteren Betrieb durch die Unterstützung bei der Steuerung. Zweitens einen planbaren Wartungsservice, der den logistischen und zeitlichen Aufwand bei Anbietern von MBR-Anlagen und ihren Kunden deutlich reduziert. Die intelligente Steuerung eignet sich sowohl für die Nachrüstung bestehender Membranbioreaktoren als auch für Neuanlagen.

#### Fördermaßnahme

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

#### Projekttitel

Entwicklung digitaler Lösungen zur Optimierung der Steuerungstechnik und des Wartungsmanagements für dezentrale Membranbelebungsreaktoren (MBR 4.0)

#### Förderkennzeichen

02WQ1517A - B

#### Laufzeit

01.08.2019 – 31.07.2021

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

396.176 Euro

#### Kontakt

MARTIN Systems GmbH  
Michael Langbein  
Friedrichstraße 95  
10117 Berlin  
Telefon: +49 (0) 3675 733555  
E-Mail: michael-langbein@martin-systems.com

#### Projektpartner

KompetenzZentrum Wasser Berlin gGmbH (KWB), Berlin

#### Internet

[www.martin-membrane.de](http://www.martin-membrane.de)

#### Herausgeber

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

#### Stand

April 2020

#### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

Vorderseite und Rückseite: KWB, Zhou





# Photox – Einsatz einer photokatalytischen Ozonierung auf einer kommunalen Kläranlage zur Elimination von Spurenstoffen

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Aufgrund besserer Analyseverfahren können immer mehr organische Schadstoffe wie Medikamente, Pflanzenschutzmittel, Chemikalien aus Körperpflegemitteln und Kosmetika selbst in geringsten Konzentrationen im Wasserkreislauf nachgewiesen werden. Fachleute sprechen hierbei von Mikroverunreinigungen oder anthropogenen, d.h. von Menschen gemachten, Spurenstoffen. Ein Problem für Kläranlagen sind insbesondere schwer abbaubare Medikamente im Abwasser; übliche Reinigungsverfahren können die Stoffe nur bedingt entfernen. Abhilfe soll eine neue Abwassertechnologie schaffen, die im Verbundprojekt Photox entwickelt wird. Die Forschenden kombinieren zwei verschiedene Verfahren zu einem System, um Spurenstoffe möglichst vollständig und energieeffizient zu beseitigen.

### Bessere Reinigungsleistung durch kombinierte Verfahren

Spurenstoffe in der Umwelt können sich schon bei niedrigen Konzentrationen nachteilig auf Wasser-Ökosysteme auswirken oder die Trinkwassergewinnung aus Rohwasser negativ beeinflussen. Besonders bedeutsam sind Medikamentenrückstände: Der Verbrauch von Arzneimitteln, die potenziell schädliche Auswirkungen auf die Umwelt haben können, ist in den letzten Jahren in Deutschland stark gestiegen und wird sich aufgrund der voranschreitenden Alterung in der Bevölkerung künftig noch weiter erhöhen. Ein Großteil der Arzneimittel gelangt unverändert oder in Form von Abbauprodukten über den Urin ins Abwasser. Kläranlagen können einige der Substanzen aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften nicht vollständig entfernen, sodass diese schließlich in Flüssen in Seen landen.

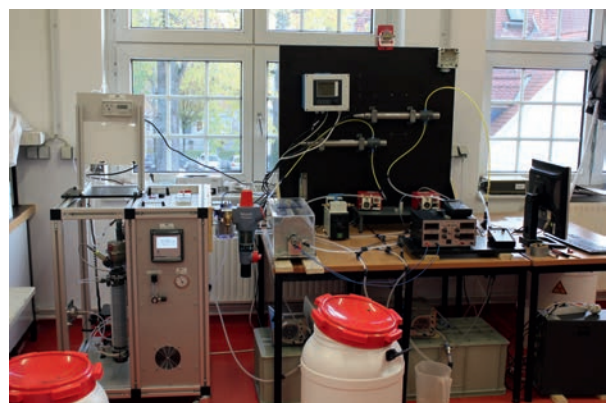
Im Verbundprojekt Photox wird daher ein neues Verfahren zur weitergehenden Abwasserreinigung entwickelt. Der Ansatz: Zwei Verfahren zur Entfernung von Spurenstoffen, die „Photokatalyse“ und die „Ozonierung“, werden zu einer neuen Technologie kombiniert, der „photokatalytischen Ozonierung“. Die Forschenden wollen damit Synergieeffekte nutzen, um die Spurenstoffe besser abzubauen zu können.

### Ziel: Mit wenig Energie Spurenstoffe vollständig abbauen

Bei der Photokatalyse werden die Spurenstoffe unter dem Einfluss von Licht und mithilfe eines Katalysators zersetzt.

Ozon wird bereits seit einiger Zeit in der Trinkwasseraufbereitung und zunehmend auch in der erweiterten Abwasserreinigung eingesetzt. Es ist ein starkes Oxidationsmittel, das in der vierten Reinigungsstufe in die weitestgehend geklärten Abwässer geleitet wird und dort hauptsächlich mit organischen Substanzen reagiert. Bei dieser Ozonierung entsteht jedoch kein vollständiger Abbau, sondern lediglich eine Umwandlung in häufig unbekannte und möglicherweise giftige Produkte. Des Weiteren werden einige Schadstoffe, zum Beispiel iodhaltige Röntgenkontrastmittel, von Ozon praktisch nicht abgebaut und gelangen deshalb weiterhin in die Umwelt.

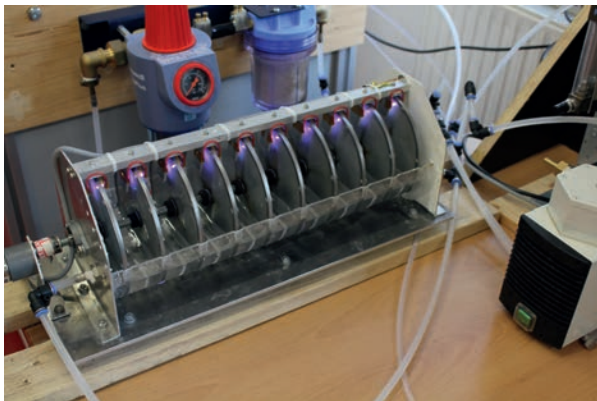
Von der Kombination aus Photokatalyse und Ozonierung zur so genannten photokatalytischen Ozonierung erhoffen sich die Photox-Verbundpartner eine im



Anhand von Laborversuchen werden verschiedene Einstellungen getestet, um die Abbauleistung und den Energiebedarf der neuen Verfahrenskombination zu optimieren

Vergleich zu den einzelnen Verfahren höhere Reinigungsleistung bis hin zum vollständigen Abbau der Spurenstoffe zu Kohlendioxid und Wasser. Eine weitere Nachbehandlung des Abwassers könnte damit vermieden werden. Darüber hinaus wollen die Forschenden den Energieverbrauch der neuen Technologie soweit senken, dass sich ihr Einsatz auf Kläranlagen auch aus wirtschaftlicher Sicht lohnt.

Um diese Ziele zu erreichen, entwickeln die Projektpartner zunächst einen Versuchsreaktor im Labormaßstab. Dort werden die einzelnen Komponenten des Systems für die photokatalytische Ozonierung getestet und angepasst. So erlaubt beispielsweise eine neuartige Titanoxid-Beschichtung, Katalysatoroberflächen mit poröser Struktur zu erzeugen, die die Anlagerung organischer Moleküle begünstigt. Dadurch können organische Spurenstoffe besser abgebaut werden. Der Praxistest erfolgt im Anschluss in einer Pilotanlage, die die Forschenden auf einer Kläranlage bauen und betreiben.



Durch die neu entwickelte Titanoxid-Beschichtung und das Reaktordesign können die Wirkungen der Photokatalyse gesteigert werden

### Interessant für größere Kläranlagen und sensible Gebiete

Die neue Technologie zum Abbau von Spurenstoffen hat ein großes Marktpotenzial im In- und Ausland. Da kommunale Kläranlagen ein wichtiger Eintragspfad für Spurenstoffe sind, wird eine weitergehende Abwasserreinigung in Zukunft vermehrt eingesetzt werden und die Nachfrage nach wirksamen Reinigungssystemen steigen. Insbesondere für größere Kläranlagen ab 50.000 Einwohnerwerten (EW) oder auch kleinere Anlagen in Gebieten mit empfindlichen Gewässern oder Krankenhäusern ist das Verfahren interessant.

#### Fördermaßnahme

KMU-innovativ, Anwendungsbereich „Nachhaltiges Wassermanagement“

#### Projekttitel

Einsatz einer photokatalytischen Ozonierung auf einer kommunalen Kläranlage zur Elimination von Spurenstoffen (Photox)

#### Förderkennzeichen

02WQ1492A-E

#### Laufzeit

01.06.2019 – 31.05.2021

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

628.000 Euro

#### Kontakt

Bauhaus-Universität Weimar  
Prof. Dr.-Ing. Jörg Londong  
Coudraystraße 7  
99423 Weimar  
Telefon: +49 (0) 3643 58 46 15  
E-Mail: joerg.londong@uni-weimar.de

#### Projektpartner

Anseros Klaus Nonnenmacher GmbH, Tübingen  
Dr. Born – Dr. Ermel GmbH, Achim  
Lynatox GmbH, Ohrdruf  
Materialforschungs- und Prüfanstalt (MFPA) an der Bauhaus-Universität Weimar, Weimar

#### Internet

[www.uni-wei-mar.de/de/bauingenieurwesen/professuren/siedlungswasserwirtschaft/forschung/aktuelle-projekte/photox](http://www.uni-wei-mar.de/de/bauingenieurwesen/professuren/siedlungswasserwirtschaft/forschung/aktuelle-projekte/photox)

#### Herausgeber

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

#### Stand

April 2020

#### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

Vorder- und Rückseite: Bauhaus-Universität Weimar

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



# CarBioPhos – Entwicklung eines integrierten Verfahrens zur Carbonisierung von Klärschlamm, Erzeugung von Biogas und Rückgewinnung von Phosphor

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Klärschlamm fällt bei der Abwasserreinigung in Kläranlagen an. Er enthält einerseits viele wichtige Nährstoffe – insbesondere Phosphor – die in der Landwirtschaft dringend zur Düngung gebraucht werden. Andererseits befinden sich im Klärschlamm jedoch auch zahlreiche Schadstoffe wie Schwermetalle, Pestizide oder Medikamentenrückstände. Sie erschweren eine landwirtschaftliche Nutzung aufgrund höherer Umweltstandards zunehmend. Es müssen somit alternative Verwertungswege für Klärschlamm gefunden werden. Diese müssen gleichzeitig eine Rückgewinnung von Phosphor ermöglichen, die künftig gesetzlich vorgeschrieben ist. Die Partner des Verbundprojektes CarBioPhos entwickeln ein integriertes Konzept auf Basis eines Verfahrens, mit dem aus Klärschlamm erneuerbare Kohle hergestellt wird: die sogenannte hydrothermale Carbonisierung, kurz HTC. Dabei fällt nicht nur Biokohle an, sondern können auch hohe Mengen an Phosphor aus Klärschlamm zurückgewonnen und gleichzeitig Faulgas zur Erzeugung erneuerbarer Energie produziert werden.

### Phosphor aus Schlammwasser gewinnen

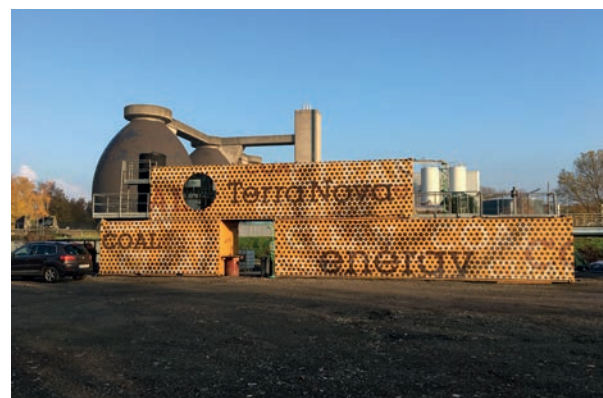
In Deutschland fallen bei der Abwasserreinigung jährlich ca. zehn Mio. Tonnen Klärschlamm an. Während früher große Mengen davon als Dünger und zur Bodenverbesserung in der Landwirtschaft genutzt wurden, steht zunehmend aufgrund strengerer gesetzlicher Vorgaben nur noch die Verbrennung als sicherer Entsorgungsweg zur Verfügung. Da Klärschlamm bis zu 80 Prozent Wasser enthält, erfordert dies jedoch sehr viel Energie für die vorherige Trocknung und einen hohen Transportaufwand zum Standort der Verbrennungsanlage.

Bei einer Vorbehandlung des Klärschlammes mittels hydrothormaler Carbonisierung (HTC) wird der größte Teil des enthaltenen Wassers mechanisch abgetrennt und ein Feststoff hergestellt, der einer natürlichen Kohle ähnelt und brennbar ist. Zunächst werden dazu in einem luftdicht verschlossenen Druckbehälter über einen Zeitraum von ca. fünf Stunden bei 180 °C die organischen Anteile des Klärschlammes in Kohlepartikel umgewandelt. Hierbei wird die natürliche Kohleentstehung nachgeahmt. Das Wasser lässt sich anschließend leicht mit Filtern mechanisch von der „Klärschlammkohle“ entfernen. Dies ist wesentlich energieeffizienter und somit kostengünstiger, als den Klärschlamm vor der Verbrennung zu trocknen.

Der im Klärschlamm enthaltene Phosphor verbleibt beim HTC-Prozess normalerweise in der Kohle und wird nach-

folgend mitverbrannt. Wenn die Verbrennung z. B. in Zementwerken oder Kraftwerken mit anderen Brennstoffen erfolgt, ist der Phosphor in der verbleibenden Asche unwiderruflich verloren.

Im CarBioPhos-Verbundprojekt wird der Prozess der hydrothermalen Carbonisierung um zwei weitere Komponenten ergänzt: Durch die Zugabe von Säure wird der in der Kohle enthaltene Phosphor gelöst und in das abgetrennte Schlammwasser überführt. Hier kann er durch Fällungs- oder Kristallisationsverfahren leichter rückgewonnen werden. Gleichzeitig eignet sich das verbleibende, phosphorarme Restwasser aufgrund des hohen Gehalts an biologisch abbaubaren organischen Bestandteilen gut zur Biogaserzeugung.



Anlage zur hydrothermalen Carbonisierung auf der Kläranlage Duisburg-Kaßlerfeld

### Verfahren optimieren und praktisch erproben

Die Forschenden wollen im Projekt untersuchen, unter welchen Bedingungen sie möglichst viel und kostengünstig Phosphor aus dem HTC-Schlammwasser rückgewinnen können – Ziel sind mindestens 50 Prozent – und wie daraus ein zur Düngung geeignetes Sekundärphosphorprodukt wirtschaftlich hergestellt werden kann. In einer Technikumsanlage wird das Verfahren auf der Kläranlage Duisburg-Kaßlerfeld praktisch erprobt.

Die Biogaserzeugung optimieren die Projektpartner in mehrmonatigen Laborversuchen. Sie beschäftigen sich zum einen mit den Auswirkungen der hohen Stickstoffkonzentration im HTC-Schlammwasser, die möglicherweise den Abbau der organischen Bestandteile und somit die Methanausbeute hemmen kann. Ebenso ist unklar, wie sich die vorherige Entfernung des Phosphors aus dem Wasser auswirkt und wie stabil die Biogasproduktion langfristig abläuft.

### Anpassbares Modul für Neu- und Bestandsanlagen

Zu Abschluss des Verbundprojektes soll das neue Verfahren als Modul zur Verfügung stehen, das an die spezifischen Anforderungen jeder vorhandenen oder neugebauten Kläranlage angepasst werden kann. Durch die verschärften gesetzlichen Auflagen zur Phosphorrückgewinnung ist die integrierte Technologie, die gleichzeitig eine energieeffiziente Klärschlammverwertung, Phosphorrückgewinnung und Biogaserzeugung ermöglicht, insbesondere für mittlere und große Kläranlagen interessant. Davon gibt es allein in Deutschland ca. 2.000.



Versuchsstand zur anaeroben Vergärung des HTC-Prozesswassers

#### Fördermaßnahme

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

#### Projekttitel

Entwicklung eines integrierten Verfahrens zur Carbonisierung von Klärschlamm, Erzeugung von Biogas und Rückgewinnung von Phosphor (CarBioPhos)

#### Förderkennzeichen

02WQ1438A

#### Laufzeit

01.07.2018 – 30.06.2020

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

512.000 Euro

#### Kontakt

TerraNova Energy GmbH  
Dipl. Ing. Marc Buttman  
Schirmerstraße 61  
40211 Düsseldorf  
Telefon: +49 (0) 211 54413096  
E-Mail: marc.buttman@terranova-energy.com

#### Projektpartner

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum  
gemeinnützige GmbH, Leipzig

#### Internet

www.wiwmhb.de

#### Herausgeber

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

#### Stand

Mai 2020

#### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

Vorderseite: TerraNova Energy GmbH  
Rückseite: DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum  
gemeinnützige GmbH

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





# MeSRa – Entwicklung eines schwerkraftbetriebenen Membranreaktors für Abwasser und Teilströme

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Abwasserreinigungsanlagen in Deutschland werden zunehmend so konzipiert, dass sie wenig Platz verbrauchen, flexibel an sich ändernde Betriebsbedingungen angepasst werden und strenge Reinigungsanforderungen erfüllen können. Zu den leistungsfähigsten Anlagen dieser Art zählen Membranbioreaktoren (MBR). Nachteil konventioneller MBR-Anlagen ist der hohe Energiebedarf und der Einsatz teilweise giftiger Chemikalien, um ein Verkleben der Membranen zu verhindern. Das Verbundprojekt MeSRa entwickelt ein kompaktes Membransystem zur Abwasserbehandlung, das ohne die sonst übliche aufwändige Membranreinigung und -rückspülung auskommt. Stattdessen wird der Biofilm, der sich bei der Abwasserfiltration auf den Membranen absetzt, als Hauptkomponente für die Aufbereitung des Schmutzwassers genutzt.

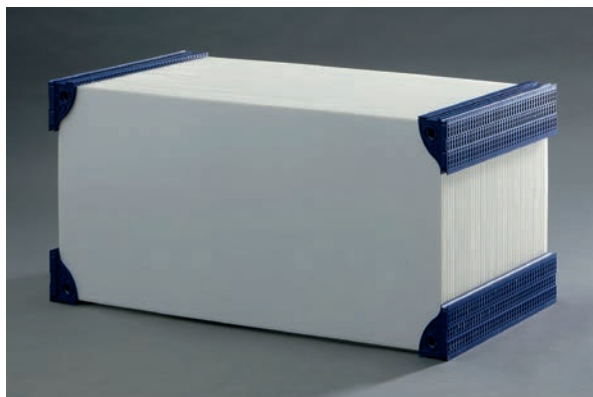
### Filtration und biologischer Abbau an Membranen

Der demografischen Wandel, die Verdichtung der Städte, verschärfte Grenzwerte für Einleitungen in Gewässer und nicht zuletzt die Folgen des Klimawandels stellen die Abwasserwirtschaft vor große Herausforderungen. Die Entsorger setzen daher vermehrt auf dezentrale Abwasserreinigungsanlagen wie Membranbioreaktoren (MBR), um flexibel mit den Veränderungen im Stadtgefüge umgehen zu können und gleichzeitig den gesetzlichen Anforderungen zu genügen.

Membranbioreaktoren kombinieren die klassische biologische Abwasserreinigung mit Membrantechnik. Dabei werden die organischen Stoffe des Abwassers im Reaktor durch bakterienhaltigen Schlamm abgebaut. Membranmodule filtern dann das gereinigte Abwasser vom belebten Schlamm ab. Meist werden die Module direkt in den Schlamm getaucht. Das behandelte Abwasser wird mittels Unterdruck durch die Membran hindurch abgezogen. Um einen möglichst hohen Abwasserdurchfluss zu erreichen, sind ein hoher Unterdruck auf der Saugseite sowie energieintensive Rückspülungen und eine regelmäßige Reinigung der Membranen mit teilweise giftigen Chemikalien notwendig; sie verhindern das Entstehen von Biofilmen, die die Membranen verstopfen. Der Betrieb von Membranbioreaktoren erfordert daher eine Vielzahl von Sensoren, umfangreiche Anlagentechnik und eine genaue Steuerung. Hier geht das Verbundprojekt MeSRa neue Wege. Die Forschenden planen einen Membranreaktor, der auf Belebtschlamm verzichtet und stattdessen den Biofilm auf den Membranen gezielt für die biologische Reinigung des Abwassers einsetzt.

### Membrantechnik ohne Nachteile

Der neue Ansatz ermöglicht eine Abtrennung der Abwasserfeststoffe und einen gleichzeitigen Abbau der gelösten organischen Stoffe ohne die Nachteile der üblichen MBR-Technik. Da der Biofilm als Hauptkomponente für die Abwasseraufbereitung genutzt wird, kommt das MeSRa-Verfahren ohne Reinigung und Rückspülung aus. Durch den Biofilm verringert sich der Durchfluss auf ca. ein Viertel der möglichen Leistung und stellt sich im Betrieb auf einem konstanten Niveau ein. Der geringere Durchfluss wird durch eine größere Membranfläche kompensiert. Das MeSRa-System verzichtet auch auf das Anlegen eines künstlichen Unterdrucks an die Membran. Der für die Filtration nötige negative Druck wird stattdessen nur durch Schwerkraft erzeugt. Belüftungsenergie benötigt das Verfahren lediglich noch für den Sauerstoffbedarf des Biofilms. Durch die Neuerungen lassen sich die verwendete



Das neuentwickelte Membranmodul mit formstabilen Inlays

te Energie und die Steuerung der Anlage auf ein Minimum reduzieren. Die mit der größeren Membranfläche verbundenen erhöhten Investitionskosten werden durch die im Vergleich zu herkömmlichen Membranverfahren sehr viel niedrigeren Betriebskosten ausgeglichen. Die einfache und robuste Technik macht die Anlage zudem sehr wartungsfreundlich.

Damit die Anlage auch strengere Einleitgrenzwerte einhalten kann, statten die Forschenden die Membran für eine erweiterbare Reinigung zusätzlich mit Zeolithen aus. Zeolithe sind silikathaltige Mineralien, die Stoffe binden können. Sie lagern z. B. Ammonium ein, das bei Spitzenlast, wenn hohe Schadstofffrachten anfallen, nicht vollständig biologisch zu Nitrat umgesetzt werden kann. Es kann so nicht in den Wasserkreislauf gelangen. Zu Schwachlastzeiten werden die Ammoniumionen wieder abgegeben und wandern in den Biofilm, wo sie abgebaut werden. Die Zeolithe werden in eine steife, aber flexible Stützschiicht zwischen den Membranen – dem Inlay – eingebracht.

Ziel der Projektpartner ist es, den Membranbioreaktor als modulares System in Form einer kompakten, stationären Anlage zu entwickeln und in der Praxis zu testen. Dazu wird eine Containeranlage für bis zu 500 Einwohnerwerte (EW) gebaut und mit Membranmodulen ausgerüstet. Die Anlage wird auf einem Gelände im Hamburger Stadtteil Jenfelder Au erprobt.

### Großes Marktpotenzial im In- und Ausland

Die immer größere Nachfrage nach platzsparenden Abwassersystemen, die kurzfristig und kostengünstig gebaut und nach Bedarf erweitert oder rückgebaut werden können, verspricht ein großes Marktpotenzial für das neue MeSRa-System. Nach der Testphase soll es als marktfähiges Modul angeboten werden, das für Insellösungen, Erweiterungen bestehender zentraler Abwasseranlagen oder als Zwischenlösung zum Einsatz kommen kann. Gelingt es die Technik noch weiter zu vereinfachen, sind MeSRa-Anlagen gerade auch für Schwellen- und Entwicklungsländer eine Option. Sie könnten dann als Containeranlagen in Deutschland passgenau auf die Probleme konfektioniert und gebaut werden. Am Zielort kann ein ausgebildeter Techniker viele der robusten und wartungsfreundlichen Anlagen betreuen.

#### Fördermaßnahme

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

#### Projekttitel

Entwicklung eines schwerkraftbetriebenen Membranreaktors für Abwasser und Teilströme (MeSRa)

#### Förderkennzeichen

02WQ1468A-C

#### Laufzeit

01.06.2019 – 31.05.2021

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

825.635 Euro

#### Kontakt

Bauhaus-Universität Weimar  
Prof. Dr.-Ing. Jörg Londong  
Coudraystraße 7  
99423 Weimar  
Telefon: +49 (0) 36 43/58 46 16  
E-Mail: siwawi@bauing.uni-weimar.de

#### Projektpartner

TIA Technologien zur Industrie-Abwasser-Behandlung GmbH, Breitenfelde  
WTA Technologies GmbH, Gotha

#### Internet

[www.uni-weimar.de/siwawi/mesra](http://www.uni-weimar.de/siwawi/mesra)

#### Herausgeber

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

#### Stand

Mai 2020

#### Text

Projektträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Gestaltung und Redaktion

Projektträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

Carsten Bachert / WTA Technologies GmbH



# MiNzE – Minimierung des CO<sub>2</sub>-Footprint durch angepasste Verfahrensentwicklung in der Prozesswasserbehandlung

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Bei den bekannten Verfahren zur Behandlung von stark stickstoffbelastetem Abwasser entstehen erhebliche Mengen des klimaschädlichen Treibhausgases Lachgas (N<sub>2</sub>O). Lachgas trägt 300-mal stärker zur globalen Erwärmung als eine vergleichbare Menge an Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) bei. Um das Problem in den Griff zu bekommen, setzt das Verbundprojekt MiNzE an einem bewährten Verfahren zur Stickstoffentfernung an und entwickelt es weiter. Optimierte Betriebsbedingungen sollen für einen stabilen Abbau von Stickstoff sorgen sowie bewirken, dass gleichzeitig weniger Lachgas anfällt und nicht unkontrolliert in die Atmosphäre entweicht.

### Stickstoffabbau mit sehr viel weniger Lachgas

Viele Kommunen formulieren derzeit regionale Klimaziele, um diesbezügliche nationale Vorgaben zu erfüllen. Dabei ist die Abwasserableitung und -reinigung aufgrund ihres Energiebedarfs nach dem Verkehr für die zweitmeisten CO<sub>2</sub>-Emissionen in der regionalen Bilanzierung verantwortlich. Neben wirtschaftlichen Aspekten ist dies der Grund, warum Kläranlagenbetreiber in den letzten Jahren vermehrt auf energieeffiziente Verfahren in der Abwasserbehandlung setzen.

Für hoch stickstoffbelastete Abwässer wie Schlammwasser, das bei der Entwässerung von Klärschlamm entsteht, kommt dabei z. B. die so genannte Deammonifikation in Frage. Bei diesem Prozess erfolgt zunächst mit Hilfe von Sauerstoff eine Umwandlung von etwa der Hälfte des in Form von Ammonium vorliegenden Stickstoffanteils im Abwasser zu Nitrit. Dieses wird anschließend unter Ausschluss von Sauerstoff mittels spezialisierter Bakterien zusammen mit der anderen Hälfte des Ammoniums zu gasförmigem Stickstoff und Nitrat umgewandelt. Die Deammonifikation benötigt im Vergleich zur Stickstoffentfernung durch herkömmliche Nitrifikation und Denitrifikation 60 Prozent weniger Belüftungsenergie und keine zusätzliche Kohlenstoffquelle, um Nitrit in gasförmigen Stickstoff umzuwandeln.

Als Zwischen- bzw. Nebenprodukt der Deammonifikation fällt jedoch das Treibhausgas Lachgas an und entweicht unkontrolliert in die Atmosphäre. Lachgasemissionen tragen 300-mal stärker zur globalen Erwärmung bei als eine vergleichbare Menge an Kohlenstoffdioxid. Dies kann

somit bei Weitem die indirekte Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen übersteigen, die sich aus dem geringeren Energiebedarf der Deammonifikation ergibt. Die Beteiligten des Verbundprojektes MiNzE passen das Deammonifikationsverfahren daher so an, dass im Prozess eine kleinere Menge des Treibhausgases freigesetzt wird. Eine solche Stickstoffentfernung mit gezielter Lachgasverringering wird erstmals im halbtechnischen Maßstab praktisch erprobt.



Das MiNzE-Konzept wird in einer Deammonifikationsanlage mit getauchtem Festbett erprobt

### Test des MiNzE-Konzeptes in der Praxis

Beim MiNzE-Konzept sorgen zum einen optimierte Betriebsbedingungen bei der Deammonifikation dafür, dass weniger Lachgas entsteht. Zum anderen bewirkt ein verminderter, möglichst blasenfreier Sauerstoffeintrag bei der Belüftung, dass das gebildete Lachgas im geringeren Maße aus dem Abwasser ausgetragen wird – dieser Vorgang wird als Strippen bezeichnet. Steht kein Sauerstoff zur Verfügung, kann das Lachgas biologisch im Abwasser abgebaut werden und entweicht nicht in die Luft.

Ob das Konzept funktioniert, wollen die Forschenden in der Praxis in einer Deammonifikationsanlage mit getauchtem Festbett erproben. Als getauchtes Festbett werden festinstallierte Trägermaterialien bezeichnet, die als Aufwuchskörper für Mikroorganismen dienen. Der durch die Belüftung eingetragene Sauerstoff kann nur bis zu einer gewissen Tiefe in diesen Biofilm eindringen, sodass sowohl sauerstoffreiche als auch sauerstofffreie Zonen existieren. Dort findet der Stickstoff- und Lachgasabbau statt. Das Biofilmverfahren ist unempfindlich gegenüber äußeren Einflüssen und kann in einer kompakten Anlage mit geringerem Regelaufwand umgesetzt werden. In halbtechnischen Versuchen ermitteln die Projektpartner prozessrelevante Kenndaten – z. B. zur Belüftung und erzielbaren Lachgasabbauraten bei möglichst hohem Stickstoffabbau – um das Verfahren auch großtechnisch umsetzen zu können und entwickeln ein angepasstes Steuerungs- und Regelkonzept.

### Auch für Industrieabwässer interessant

Zum Abschluss des MiNzE-Projektes soll eine marktreife, robuste Technologie für die Behandlung stark stickstoffhaltiger Abwässer zur Verfügung stehen, die zwei Vorteile vereint: Wie übliche Deammonifikationsverfahren verbraucht sie wenig Energie. Zudem senkt sie durch verringerte Lachgasemissionen deutlich den Treibhausgasausstoß der Abwasserreinigung. Angesichts der Klimaschutzziele in Deutschland ist dies für viele Betreiber ein wichtiges Argument. Das Marktpotenzial ist groß: Allein hierzulande gibt es gut 1000 Kläranlagen, bei denen der Einsatz einer Deammonifikation möglich ist. Ausgerüstet mit der Technologie sind aber derzeit nur etwa 20. Darüber hinaus eignet sich das neue Verfahren nicht nur für die Schlammwasserreinigung, sondern auch für andere Bereiche wie die industrielle Abwasserreinigung.

#### Fördermaßnahme

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

#### Projekttitel

Minimierung des CO<sub>2</sub>-Footprint durch angepasste Verfahrensentwicklung in der Prozesswasserbehandlung - Erprobung des MiNzE Verfahrens im getauchten Festbett (MiNzE)

#### Laufzeit

01.12.2018 – 31.05.2021

#### Förderkennzeichen

02WQ1482 A-B

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

539.052 Euro

#### Kontakt

DiMeR GmbH  
Dr.-Ing. Klaus Nelting  
Emdenstraße 9  
30167 Hannover  
Telefon: +49 (0) 511 13222195  
E-Mail: nelting@dimer-tec.com

#### Projektpartner

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

#### Internet

[www.dimer-tec.com](http://www.dimer-tec.com)

#### Herausgeber

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

#### Stand

Juli 2020

#### Text

Projektträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Redaktion und Gestaltung

Projektträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

DiMeR GmbH

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





# NITREB – Nitratkreislaufführung bei der Behandlung von Metalloberflächen durch Nutzung innovativer Techniken

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Bei der Edelstahlproduktion werden die Metalloberflächen wärmebehandelt, z. B. durch Glühen, um gewünschte technologische Eigenschaften wie Festigkeit und Formbarkeit einzustellen. Während des Glühprozesses entstehen auf der Oberfläche des Edelstahls Ablagerungen. Diese müssen chemisch mit Mineralsäuren entfernt werden, damit die Edelstahloberfläche wieder metallisch rein ist und nicht rostet. Die bei diesem als Beizen bezeichneten Vorgang produzierten stark säurehaltigen Abwässer sind bislang nicht vollständig wiederverwertbar. Die Partner des Verbundprojektes NITREB entwickeln ein Verfahren, mit dem die Beizchemikalien nahezu komplett zurückgewonnen und so der Kreislauf geschlossen werden kann.

### Geschlossener Kreislauf schont Ressourcen und Umwelt

Für die Reinigung von Edelstahlbändern und -drähten eignen sich Sprühbeizen mit Säuregemischen aus Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) und Fluorwasserstoffsäure (HF) am besten. Die beim Beizen entstehenden Abwässer enthalten nach ihrer Aufbereitung gelöste Nitrate aus der Salpetersäure. Sie gelangen mit dem behandelten Abwasser indirekt zur lokalen Kläranlage oder werden über betriebliche Neutralisationsanlagen direkt in ein Gewässer eingeleitet. Insbesondere letzteres trägt dazu bei, dass sich Nährstoffe übermäßig anreichern und die Gewässerqualität verschlechtern. Aber auch die indirekte Einleitung führt zu Problemen im Prozess der kommunalen Kläranlage. Hier müssen Zusatzstoffe eingesetzt werden, die hohe Kosten für den Einleiter verursachen. Außerdem gehen durch die Behandlung der Abwässer Betriebsstoffe wie Neutralisationsmittel und Mineralsäuren verloren, die im Beizprozess durch neue Chemikalien ersetzt werden müssen.

Hier setzt das Verbundprojekt NITREB mit einem neuen Kreislaufverfahren an. Die Technologie kombiniert innovative Elektromembranverfahren mit herkömmlichen Prozessen wie Neutralisation und Feststoffabtrennung. Die einzelnen Komponenten werden aufeinander abgestimmt und zu einer völlig neuen Verfahrenskette zusammengefügt. Somit können die während des Beizens eingesetzten Mineralsäuren und die zur Neutralisation benötigten Chemikalien zurückgewonnen und wiederverwertet werden. Der geschlossene Kreislauf verringert den Materialaufwand und die Umweltbelas-

tungen. Das neue Verfahren ist modular aufgebaut und kann unabhängig von der Größe des Betriebes oder auch in mehreren Stufen umgesetzt werden.

### Neues Verfahren: kombiniert und optimiert

Das Beizabwasser wird zunächst entgiftet, d. h. von Nitrit und Chrom VI-Verbindungen befreit, und dann mit Natronlauge neutralisiert. Hierdurch bleiben neben den Nitraten auch die Fluoride in Lösung. Diese im Abwasser enthaltenen Wertstoffe werden nach einer vorgeschalteten Mikrofiltration mit einem Elektromembranverfahren aufkonzentriert. Hierbei nutzen die Forschenden die Elektrodeionisation mit Fließelektroden (FCDI). Dieses elektrochemische Verfahren zur Entsalzung und Konzentrierung von wässrigen Lösungen nutzt selektive Membranen. Sie lassen nur bestimmte elektrisch geladene Ionen



Bei der Herstellung von Edelstählen werden große Mengen an Wasser und Behandlungskemikalien benötigt

passieren. Unerwünschte Ionen, wie z. B. Sulfate, die den nachgeschalteten Reinigungsprozess stören, werden dagegen abgetrennt und gelangen nicht in das Konzentrat.

So vorbehandelt ist es möglich, das Konzentrat anschließend in einem zweiten elektrochemischen Prozess – der sogenannten Elektrodialyse mit bipolaren Membranen (EDBM) – in eine Säurefraktion und Natronlauge aufzuspalten. Säure und Lauge können wieder in den Beiz- und Neutralisationsprozess zurückgeführt werden.

Um die neue Verfahrenskette zu optimieren, passen die Forschenden in einem ersten Schritt das Neutralisationsverfahren und die Feststoffabtrennung an die Anforderungen der nachfolgenden Membranverfahren an. Diese werden in der Laborphase so weiterentwickelt, dass eine Kombination möglich wird. Dabei steht vor allem der Rückhalt von mehrwertigen Ionen im Fokus. Das Prozesskonzept wird dann in eine Pilotanlage überführt. Die Anlage soll weitgehend automatisiert laufen. Ziel der Projektpartner ist es, die Funktionstüchtigkeit und Wirtschaftlichkeit des Gesamtverfahrens nachzuweisen.

### Für viele Metallbehandlungsverfahren geeignet

Alleine in Deutschland gibt es rund 3.000 Beizbetriebe, für die das neue Verfahrenskonzept interessant ist. Sie können ihren Materialaufwand durch die Wiederverwertung der Prozesschemikalien minimieren sowie auch ihre Umweltbelastungen verringern. Grundsätzlich ist das Verfahren nicht nur für die im Projekt NITREB erforschte Aufbereitung von Mischsäure-Beizen in der Edelstahlherstellung nutzbar, sondern eignet sich für alle auf Mineralsäuren basierenden Metallbehandlungsverfahren.



Das neue Verfahren wird in einer mobilen, mehrstufigen Pilotanlage getestet

#### Fördermaßnahme

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

#### Projekttitel

Nitratkreislaufführung bei der Behandlung von Metalloberflächen durch Nutzung innovativer Techniken (NITREB)

#### Laufzeit

01.02.2020 – 31.01.2023

#### Förderkennzeichen

02WQ1534A-D

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

986.467 Euro

#### Kontakt

SIMA-tec GmbH  
Dipl.-Ing. Mark Enders  
Vogelsrather Weg 1  
41366 Schwalmtal  
Telefon: +49 (0) 2163 34921 22  
E-Mail: mark.enders@sima-tec.de

#### Projektpartner

AVT.CVT RWTH Aachen, Aachen  
Outokumpu Nirosta GmbH, Krefeld  
PCCell GmbH, Heusweiler

#### Internet

[www.sima-tec.de](http://www.sima-tec.de)

#### Herausgeber

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

#### Stand

August 2020

#### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Redaktion und Gestaltung

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

Vorderseite: Outokumpu Nirosta GmbH  
Rückseite: SIMA-tec GmbH

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



# PeFlo – Entwicklung eines innovativen Verfahrens zur Entwässerung eisenhydroxidhaltiger Wässer

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Wenn Gewässer zu viel gelöstes Eisen enthalten, laufen sie Gefahr zu verockern: Das durch den Kontakt mit Luftsauerstoff gebildete Eisenhydroxid – umgangssprachlich Eisenocker – verfärbt das Wasser bräunlich und beeinträchtigt Wasserpflanzen und -tiere. In Trinkwassergewinnungsanlagen bedroht der Eisenocker zudem Rohrleitungen, Pumpen und Brunnen, indem er sie zersetzt. Eisenhydroxid muss daher in erheblichem Umfang aus Gewässern entfernt werden. Doch der Stoff hat auch Eigenschaften, die ihn für eine stoffliche Wiederverwertung interessant machen. Im Verbundprojekt PeFlo arbeiten Forscherinnen und Forscher an einer innovativen Anlage, die eisenhaltige Wässer aus den Grubenwasserreinigungsanlagen der aktiven Braunkohletagebaue in der Lausitz behandelt. Aus der Eisenfracht werden Pellets hergestellt, die beispielsweise zur Reinigung von arsenhaltigen Wässern oder zur Schwefelwasserstoffentfernung in Biogasanlagen genutzt werden können.

### Eisen: Vom Problem zum Rohstoff

Im Lausitzer Braunkohlerevier fallen erhebliche Mengen saurer, mit Eisenverbindungen belasteter Bergbauwässer an. Sie müssen in Reinigungsanlagen neutralisiert und von den gelösten Eisenverbindungen befreit werden; diesen Vorgang bezeichnet man als Enteisung. Anschließend können die Wässer in den Vorfluter eingeleitet werden. Bei der herkömmlichen Enteisung wird das Eisen mit Hilfe von Flockungsmitteln aus dem Wasser herausgelöst. Der eisenhaltige Schlamm wird anschließend mechanisch entwässert und getrocknet. Nach der Trocknung entsteht ein Eisenpulver, das sich für verschiedene Zwecke eignet: etwa als Filtermaterial zur Entfernung von Schwermetallen wie Arsen aus Trinkwasser oder zur Abscheidung von Schwefelwasserstoff aus Klärgasen. Je nach Anwendung können aus dem Eisenschlamm auch besonders gut verwertbare Pellets erzeugt werden.

Mit einem neuartigen Verfahren will das Verbundprojekt PeFlo die Aufbereitung von eisenhaltigen Wässern verbessern, um für spezifische Einsatzzwecke optimierte Pellets zu gewinnen. Ziel ist es, die Pellets mit weniger Aufwand und geringerem Energieeinsatz zu produzieren. Das erzeugte Produkt soll transport- und lagerfähig sein, über gleichmäßige Korngrößen und die erforderliche Festigkeit verfügen und somit direkt für den vorgesehenen Zweck zur Verfügung stehen. Die Forschenden streben eine möglichst vollständige Nutzung der im Abwasser enthaltenen Eisenfracht an.

### Flocken optimal in Form bringen

Zur Herstellung der Pellets fassen die Forschenden die bisher getrennten Prozessschritte Flockung und Pelletierung zu einem neuen Verfahren zusammen. Dabei wird der Eisenschlamm vor der Entwässerung in einem Schritt geflockt und noch im nassen Zustand zu Pellets strukturiert und eingedickt. Der kombinierte Flockungs- und Pelletierungsprozess erfolgt in einem speziellen Zylinderspaltreaktor. Dieser ermöglicht es, gleichmäßige Korngrößen zu erzeugen. Zudem kann die Vermischung von Schlamm und Flockungsmitteln sowie die Flockungsbildung, Pelletierung und Verdichtung kontinuierlich stattfinden.



In einem Zylinderspaltreaktor wird der kombinierte Flockungs- und Pelletierungsprozess erprobt

Die durch diese neue Pelletierungsflockung bzw. Nasspelletierung bereits in Form gebrachten Flocken werden im Anschluss mechanisch entwässert und getrocknet. Das Produkt ist ein transportfähiges Schüttgut, das direkt zur Wasserreinigung einsetzbar ist. Das Nasspelletierungsverfahren spart sowohl Flockungsmittel und Energie ein und entlastet gleichzeitig die Entwässerungsanlagen durch den geringeren Wassergehalt der erzeugten Pellets. Zudem wird der Prozess zur Pelletherstellung erheblich vereinfacht und verkürzt.

### Pilotanlage am Standort Lauta

Die Projektbeteiligten untersuchen das Verfahren der Pelletierungsflockung in einer Pilotanlage im Technikummaßstab am Standort Lauta in Sachsen. Die Anlage besteht aus einem Zylinderspaltreaktor sowie einer anschließenden Entwässerungs- und der Trocknungseinheit. Das Verfahren soll sich auch auf die Herstellung von Rohmaterialien aus anderen Schlämmen – etwa Klärschlamm – übertragen lassen und ist somit für zahlreiche Branchen interessant. Auch die erzeugten eisenhydroxidhaltigen Pellets können in verschiedenen Bereichen zur Reinigung von Gasen und Flüssigkeiten genutzt werden, z. B. zur Katalyse und Schadstoffentfernung.



Getrocknete Pellets aus der Pelletierungsflockung

#### Fördermaßnahme

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

#### Projekttitel

Entwicklung eines innovativen Verfahrens zur Entwässerung eisenhydroxidhaltiger Wässer mit dem Ziel der Gewinnung von hochwertigen Materialien zur nachhaltigen stofflichen Nutzung (PeFlo)

#### Laufzeit

01.02.2018 – 30.06.2020

#### Förderkennzeichen

02WQ1434A-B

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

335.000 Euro

#### Kontakt

Dr.-Ing. Matthias Leiker  
P.U.S. Produktions und Umweltservice GmbH  
Industrie- und Gewerbegebiet Straße A, Nr. 8  
02991 Lauta  
Telefon: +49 (0) 35722 32509  
E-Mail: matthias.leiker@pus-lauta.de

#### Projektpartner

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik, FG Aufbereitungstechnik und Bioenergie, Cottbus

#### Internet

[www.ferrosorp.de](http://www.ferrosorp.de)  
[www.b-tu.de/ag-aufbereitung-bioenergie/](http://www.b-tu.de/ag-aufbereitung-bioenergie/)

#### Herausgeber

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

#### Stand

Juli 2020

#### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Redaktion und Gestaltung

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

Vorder- und Rückseite: BTU Cottbus

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





# PNC-Processing – Optimierung der Stoffkreisläufe in der Landwirtschaft durch gezielte Fraktionierung von Gülle

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Gülle und andere landwirtschaftliche Reststoffe werden in Deutschland in großen Mengen als Düngemittel genutzt. Sie liefern u. a. wichtige Pflanzennährstoffe wie Stickstoff und Phosphor. Landet allerdings zu viel Gülle auf den Feldern und gelangt in Fließ- und Grundwasser, wirken sich die Nährstoffe negativ auf die Gewässerqualität aus. Um die Belastung der Gewässer einerseits deutlich zu senken und andererseits wertvolle Nährstoffe für eine landwirtschaftliche Nutzung zu gewinnen, wollen die Partner des Verbundprojektes PNC-Processing mit einem neuen Verfahren Gülle in ihre Hauptbestandteile Phosphor, Stickstoff und organische Kohlenstoffverbindungen auftrennen. Das Nährstoffrecycling soll vor Ort in den Landwirtschaftsbetrieben erfolgen, in denen die Reststoffe anfallen.

### Gewässerschutz und Nährstoffnutzung im Paket

Jährlich verteilen Bauern auf deutschen Äckern und Wiesen mehr als 200 Millionen Tonnen Gülle als flüssigen Wirtschaftsdünger. Überschüssige Mengen des darin enthaltenen Phosphors (P) und Stickstoffs (N) werden in das Grundwasser sowie in Flüsse und Seen eingetragen. Die Folgen sind ein vermehrtes Pflanzen- und Algenwachstum in den Gewässern mit schädlichen Folgen für die darin lebenden Organismen sowie eine übermäßige Belastung mit der Stickstoff-Sauerstoff-Verbindung Nitrat.

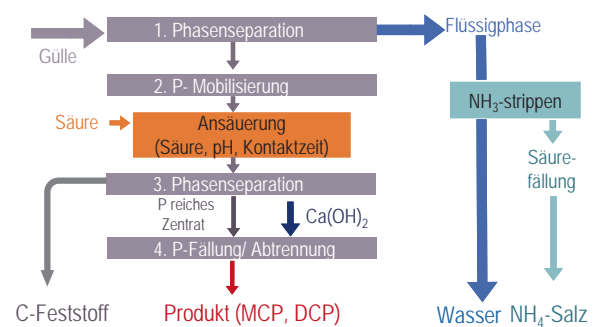
Um die Gewässer vor Überdüngung zu schützen, legen verschiedene gesetzliche Regelungen Vorgaben zu maximalen Güllemengen und Nährstoffgehalten auf Feldern fest. Aus Sicht des Ressourcenschutzes ist Gülle jedoch auch ein wertvoller Rohstofflieferant: Vor allem der darin enthaltene, für das Pflanzenwachstum unerlässliche, Phosphor ist jetzt schon knapp. Er wird derzeit vor allem aus phosphorhaltigem Gestein gewonnen, das nur in wenigen Ländern der Erde vorkommt; zudem sind die Vorkommen weltweit begrenzt. Es ist daher sinnvoll, den bereits im Umlauf befindlichen Phosphor aus der Gülle im Nährstoffkreislauf zu erhalten. Neben dem Phosphor ist auch die kohlenstoffreiche organische Substanz der Gülle für landwirtschaftliche Böden äußerst wichtig: Sie sorgt für den Humusaufbau im Boden.

Die Forschenden des Verbundvorhabens PNC-Processing haben es sich daher zum Ziel gesetzt, Gewässerschutz und eine ganzheitliche Nutzung aller wichtigen Güllebestand-

teile miteinander zu verbinden. Sie wollen zu diesem Zweck ein neues Verfahren entwickeln, das Phosphor, Stickstoff sowie die organische Substanz voneinander trennt. Herauskommen sollen hochkonzentrierte Produkte, die direkt in der Landwirtschaft als Dünger, zur Bodenverbesserung oder in der Tierernährung verwertbar sind.

### Lokales Nährstoffrecycling

Die Nährstofftrennung geschieht in vier Stufen: Zunächst wird die Gülle in ihre flüssigen und festen Bestandteile aufgeteilt. Dann wird der Phosphor aus dem festen Teil gelöst und der in Form von Ammonium vorliegende Stickstoff aus dem flüssigen Teil als Ammoniumsalz abgeschieden. Der kohlenstoffreiche Feststoff und der gelöste Phosphor werden anschließend getrennt und als letzter Schritt Phosphor durch die Zugabe von Fällungsmitteln



Schema des PNC-Verfahrens zur Nährstofftrennung

als Calciumphosphat ausgeschieden Angestrebt ist, die Nährstoffe in den Landwirtschaftsbetrieben, in denen sie anfallen, auch gleich zu recyceln. Dadurch wird die Abhängigkeit von Verwertungsketten vermieden. Mit dem Recycling von Phosphor und Nitrat lässt sich gleichzeitig die Nährstoffbelastung der Gewässer deutlich reduzieren.

Innerhalb der Projektlaufzeit soll ein Prototyp des Verfahrens im kleintechnischen Maßstab entwickelt, getestet und zu Demonstrationszwecken genutzt werden. Die Forschenden wollen das Verfahren bewusst so einfach halten, dass sich ein Einsatz bereits für mittelgroße Landwirtschaftsbetriebe wirtschaftlich lohnt. Ergänzend soll auch ein Konzept für eine mobile Gülleaufbereitung als Dienstleistungsmodell entwickelt werden, um die Voraussetzungen für eine breite Anwendung des neuen Verfahrens in der Landwirtschaft zu schaffen. Damit die gewonnenen Recyclingprodukte nicht nur als Dünger für den Ackerbau, sondern auch als Tiernahrung verwendet werden können, wollen die Projektpartner gut verdauliche Calciumphosphate gewinnen, statt der mit anderen Methoden üblicherweise erzielten unverdaulichen Magnesium-Ammonium-Phosphate.

### Stationäre und mobile Lösungen

Mit dem neuen Verfahren soll erstmals eine Lösung für eine vollständige Trennung und bedarfsgerechte, lokale Wiederverwendung von Güllebestandteilen geschaffen werden. Mit über 120.000 tierhaltenden Betrieben in Deutschland existiert dafür ein großer Markt. Mittlere und Großbetriebe können die Technologie in stationären Anlagen nutzen, während für kleine Betriebe das Dienstleistungsangebot mit mobiler Aufbereitungsanlage interessant ist.



Mobile Aufbereitungsanlagen eignen sich für kleine Betriebe

#### Fördermaßnahme

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

#### Projekttitle

Optimierung der Stoffkreisläufe in der Landwirtschaft durch gezielte Fraktionierung von Gülle in Phosphor, Stickstoff und organischen Kohlenstoff (PNC-Processing)

#### Förderkennzeichen

02WQ1490 A-C

#### Laufzeit

01.07.2019 – 31.12.2021

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

491.448 Euro

#### Kontakt

Dr.-Ing. Simone Tränckner  
Universität Rostock  
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät  
Satower Straße 48  
18059 Rostock  
E-Mail: simone.tranckner@uni-rostock.de  
Tel.: +49 (0) 381 498-3468

#### Projektpartner

P.C.S. Pollution Control Service GmbH, Hamburg  
PONDUS Verfahrenstechnik GmbH, Teltow

#### Internet

[www.auf.uni-rostock.de/professuren/h-w/wasserwirtschaft/forschung/pnc-processing/](http://www.auf.uni-rostock.de/professuren/h-w/wasserwirtschaft/forschung/pnc-processing/)

#### Herausgeber

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

#### Stand

August 2020

#### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

Vorderseite: Simone Tränckner/Universität Rostock  
Rückseite: Simone Tränckner/Universität Rostock

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



# ProfiT – Profil-Tensiometer zur Optimierung der Bewässerung in der Landwirtschaft

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Die Landwirtschaft ist weltweit mit Abstand der größte Wasserverbraucher: Etwa 70 Prozent der globalen Trinkwasservorräte fließen in diesen Sektor. In Deutschland ist der landwirtschaftliche Wasserverbrauch mit unter zwei Prozent zwar sehr niedrig. Die Folgen des Klimawandels machen sich jedoch auch hier mit höheren Temperaturen und der Gefahr von Dürren im Sommer bemerkbar. Effiziente Bewässerungstechnologien zur Sicherung der Erträge gewinnen somit für die heimische Landwirtschaft an Bedeutung. Um die Bewässerung optimal auf den Boden und die darauf angebauten Pflanzen anzupassen, entwickeln die Partner des Verbundprojekts ProfiT einen neuen Sensor, der das für Pflanzen nutzbare Wasser im Untergrund in verschiedenen Bodenschichten gleichzeitig bestimmen kann. Das Messgerät wird unter Realbedingungen in der landwirtschaftlichen Praxis erprobt und verbessert.

### Wieviel Wasser ist im Boden verfügbar?

Angesichts der globalen Klimaveränderung und des enormen Bevölkerungswachstums wird eine nachhaltige Nutzung der begrenzten Wasserressourcen immer wichtiger. Da die Landwirtschaft weltweit rund 70 Prozent der Trinkwasservorräte verbraucht, ist dort der Optimierungsbedarf besonders groß. Eine effiziente Bewässerungstechnik leistet deshalb einen wesentlichen Beitrag zur Senkung des Wasserverbrauchs. Voraussetzung dafür sind zuverlässige Messgeräte, mit denen der Wasserbedarf der Pflanzen erfasst und die Bewässerung bedarfsgerecht gesteuert werden kann.

Während die Wasserverteiltechnik bereits ein relativ hohes Niveau erreicht hat, mangelt es nach wie vor an praxistauglichen Steuerungssystemen mit der dazugehörigen Messtechnik, die zuverlässige Informationen zum Wasserstatus im Boden liefern. Ziel des Verbundprojektes ProfiT ist die Entwicklung und Erprobung eines Sensors, der anhand der so genannten Saugspannung die Menge des für Pflanzen verfügbaren Wassers in verschiedenen Bodentiefen bestimmt. Die Saugspannung bezeichnet den notwendigen Saugdruck zur „Gewinnung“ des Wassers aus den Bodenporen: Je höher dieser Wert liegt, desto schwieriger ist das Wasser für die Pflanze verfügbar. Ein tiefenauflösender Sensor, der ein vertikales Profil der Saugspannung aus unterschiedlichen Bodenschichten liefert und damit die Datengrundlage für die Bewässerungssteuerung schafft, existiert bislang noch nicht. Mit der Profilmessung wird die Saugspannung während der gesamten Wachstumsphasen immer in der gerade passenden Wurzeltiefe ermittelt.

### Viele Löcher für genaue Messergebnisse

Um die Wasserverfügbarkeit in verschiedenen Schichten gleichzeitig zu bestimmen, waren bisher mehrere Einzelsensoren notwendig. Diese Messung soll im Verbundprojekt ProfiT erstmals mit nur einem Sensor durchgeführt werden. Die Partner bringen dafür auf einem Sensorträger mehrere Messflächen aus einem neuen keramischen Messmaterial und eine umschaltbare Messelektronik an. Die eingesetzte Keramik ist besonders porös, d. h. sie besitzt zahlreiche Hohlräume in unterschiedlichen Größen. Damit wird zum einen der Messebereich erweitert und zum anderen die Messgenauigkeit erhöht.

Die poröse Keramik steht im Feuchtigkeitsausgleich mit dem umgebenden Boden. Je nach Saugspannung des Bodens wird Wasser in das Messmaterial oder aus ihm heraus transportiert und durch eine elektronische Messschaltung erfasst. Eine Funkschnittstelle ermöglicht es, die Daten je nach Umgebung über Entfernungen von mehreren Kilometern drahtlos zu übertragen sowie den



Sensor-Prototyp: Auf einem Glasfaserträger sind mehrere Keramikscheiben und die Messelektronik angeordnet

Sensor an automatisierte Bewässerungssteuerungen anzubinden.

### Test auf landwirtschaftlichen Versuchsflächen

Der neue Saugspannungssensor - fachsprachlich Tensiometer genannt - wird unter Realbedingungen in der landwirtschaftlichen Praxis erprobt und optimiert. Die Forschenden verbessern die mechanische Belastbarkeit und Standzeit der hochporösen Keramik, erhöhen die Messempfindlichkeit der Elektronik und testen die Robustheit alternativer Sensorkonstruktionen. Zusammen mit Anwendern aus der Landwirtschaft erarbeiten sie Techniken, wie der Sensor in den Boden eingebracht sowie in die Bewässerungssteuerung eingebunden werden kann. Die geplanten Referenzmessungen sollen sowohl die Genauigkeit des Sensors demonstrieren als auch dessen Feldtauglichkeit nachweisen. Da in Deutschland und im Ausland die Zahl der bewässerten Flächen in der Landwirtschaft stark steigt, ist das weltweite Marktpotenzial für das neuentwickelte Profil-Tensiometer sehr groß.



Versuchsaufbau zur Bodenfeuchtemessung in Sand mit Sensor-Prototypen und einem kommerziellen Tensiometer als Vergleich

#### Fördermaßnahme

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

#### Projekttitel

Profil-Tensiometer zur Optimierung der Bewässerung in der Landwirtschaft (ProfiT)

#### Förderkennzeichen

02WQ1465A-B

#### Laufzeit

01.09.2018 – 28.02.2021

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

297.816 Euro

#### Kontakt

TRUEBNER GmbH  
Dr. Christof Hübner  
Burgunderstraße 42  
67435 Neustadt an der Weinstraße  
Telefon: +49 (0) 6321 857905-3  
E-Mail: c.huebner@truebner.de

#### Projektpartner

Karlsruher Institut für Technologie (KIT),  
Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und  
Mechanik, Karlsruhe

#### Internet

[www.truebner.de](http://www.truebner.de)

#### Herausgeber

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

#### Stand

Mai 2020

#### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

Vorderseite: Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Rückseite: TRUEBNER GmbH





# PULB - Pulsierende UV-LED vs. Biofouling

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Sind die Qualitätsanforderungen an die Wassergüte besonders hoch, kommen in der Wasseraufbereitung hauptsächlich Membrananlagen mit Umkehrosmose- (UO) und Nanofiltrations- (NF) verfahren zum Einsatz. Bei der Aufbereitung mikrobiologisch belasteter Rohwässer kann der Betrieb solcher Anlagen jedoch durch Ablagerungen auf den Membranen erheblich beeinträchtigt werden. Im Verbundprojekt PULB entwickeln Forschende ein neues Verfahren, das eine Verblockung der Filter mithilfe pulsierender UV-Bestrahlung weitestgehend verhindern soll.

### Schädliche Stoffe bei Wasservorbehandlung vermeiden

Mit Umkehrosmose- und Nanofiltrationsanlagen können Wasserqualitäten erzielt werden, die eine Wiederverwendung von gebrauchtem Wasser ermöglichen. Dadurch sind die Verfahren Schlüsseltechnologien, um Wasserkreisläufe im kommunalen und industriellen Bereich zu schließen. Schätzungen sagen voraus, dass bis zum Jahr 2030 weltweit knapp 1,7 Prozent der insgesamt genutzten Wassermenge aus Wasserwiederverwendung stammen.

Bei der Aufbereitung mikrobiologisch belasteter Rohwässer kann der Betrieb einer Umkehrosmoseanlage durch sogenanntes Biofouling jedoch erheblich beeinträchtigt werden. Biofouling nennt man die ungewollte Bildung von Biofilmen auf der Membran. Sie erhöhen die Investitions- und Betriebskosten für die Membrantechnik. Die meisten Rohwässer werden aus diesem Grund nicht direkt mit Umkehrosmoseanlagen aufbereitet, sondern müssen zuerst vorbehandelt werden. Nach aktuellem Stand der Technik geschieht dies häufig durch die Zugabe von Bioziden wie Ozon und Chlordioxid. Die Verwendung der potenziell umwelt- und gesundheitsschädlichen Stoffe als Vorbehandlungsverfahren für die Membranfiltration wird laut einer geltenden EU-Verordnung jedoch in zunehmenden Maße eingeschränkt. Eine Alternative ist die UV-Bestrahlung von Wasser. Hier setzt das Verbundprojekt PULB an.

Die Forschenden wollen eine neuartige Technologie mit Leuchtdioden (LED) entwickeln, die Mikroorganismen unschädlich macht. Sie nutzen dafür pulsierende LED, die besonders energiereiches Licht im UV-C-Wellenlängenbereich ausstrahlen. Damit könnte der Einsatz von Bioziden gegen Biofouling in Umkehrosmoseanlagen weitgehend vermieden oder zumindest minimiert werden. Darüber hinaus wären auch die Behandlungskosten im Vergleich

zur Biozidzugabe deutlich geringer. Im Verbundvorhaben PULB soll die Wirksamkeit des neuen UVC-LED-Behandlungsverfahrens erstmals in Feldversuchen unter realen Bedingungen nachgewiesen werden. Ein weiteres Ziel ist, Konzepte für den Einbau von UVC-LED in ein Umkehrosmose-Modul zu erarbeiten.

### Vorteile der pulsierenden UV-Bestrahlung

Bisher werden UV-Verfahren fast ausschließlich als letzter Schritt zur Desinfektion in Wasseraufbereitungsanlagen eingesetzt. Der in PULB verfolgte Ansatz, UV-Bestrahlung bei der Vorbehandlung zu nutzen, um so gezielt Biofouling zu vermeiden, ist gänzlich neu. Das pulsierende Bestrahlungssystem, das die Forschenden entwickeln, bietet darüber hinaus nicht nur im Vergleich zum Biozideinsatz sondern auch gegenüber konventionellen UV-Strahlungsverfahren, z. B. mit Quecksilberdampfdruckstrahlern, mehrere Vorteile: Die kompakte Bauweise ermöglicht den Einbau direkt in die Filtrationsanlage. Die Bestrahlung erfolgt nicht kontinuierlich, benötigt daher weniger Energie und erzielt eine höhere Desinfektionsleistung. Da UVC-LED lediglich eine niedrige elektrische Eingangsspannung benötigen, können sie potenziell auch mit Photovoltaikzellen betrieben werden. Und schließlich wird der Biofilm



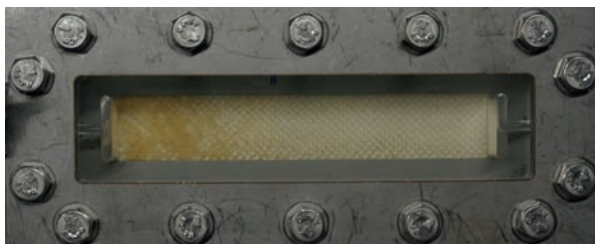
Auf einem Versuchsstand im Labor werden Untersuchungen zum Biofouling durchgeführt

durch die UV-Vorbehandlung nicht nur später ausgebildet, sondern hat auch andere mechanischen Eigenschaften und könnte somit leichter entfernbar sein.

Wie genau sich die veränderten Biofilmeigenschaften auswirken und was dies für die Ressourceneffizienz der nachgeschalteten Umkehrosmose und die Kosten der Behandlung bedeutet, gehört zu den Fragen, die in PULB erforscht werden.

### **Vielfältige Einsatzmöglichkeiten**

Das neuartigen UVC-LED-Bestrahlungssystem kann einen wertvollen Beitrag zur Wasserwiederverwendung und zum Ressourcenschutz leisten. Zudem besteht durch die europäische Biozid-Verordnung ein verstärkter Bedarf an alternativen, biozidfreien Vorbehandlungsverfahren für Umkehrosmoseanlagen. Aufgrund der zu erwartenden zahlreichen ökologischen und technologischen Vorteile gegenüber konventionellen Vorbehandlungsverfahren mit Bioziden oder Quecksilberdampfdruckstrahlern sowie deutlich geringerer Behandlungskosten ist der potenzielle Markt groß. Das Verfahren kann in vielen Bereichen zum Einsatz kommen, etwa bei der Beseitigung von Restverschmutzungen aus Rohwässern für die Trink- und Industriewasseraufbereitung, in der Aufbereitung von Kesselspeisewasser, das u. a. zur Dampferzeugung in Kraftwerken dient, sowie zur Erzeugung von hochreinen Wässern für die Mikroelektronik und Pharmaindustrie.



Auf der Umkehrosmosemembran im Membranfouling-Simulator hat sich links ein Biofilm herausgebildet

#### **Fördermaßnahme**

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

#### **Projekttitel**

Pulsierende UV-LED vs. Biofouling (PULB)

#### **Förderkennzeichen**

02WQ1467A-C

#### **Laufzeit**

01.10.2018 – 31.03.2021

#### **Fördervolumen des Verbundprojektes**

634.000 €

#### **Kontakt**

UV-EL GmbH & Co. KG  
Dr. Andreas Meyer  
Moritzburger Weg 67  
01109 Dresden  
Telefon: +49 (0) 351 88383101  
E-Mail: ame@uv-el.de

#### **Projektpartner**

Delta Umwelttechnik GmbH, Düsseldorf  
Technische Universität München, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft, München

#### **Internet**

[www.uv-el.de](http://www.uv-el.de)

#### **Herausgeber**

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

#### **Stand**

Mai 2020

#### **Text**

Projektträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### **Gestaltung und Redaktion**

Projektträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### **Druck**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### **Bildnachweise**

Vorder- und Rückseite:  
Philipp Sperle/Technische Universität München



# TrinGks – Energieeffiziente Wasserentsalzung durch Gefrierkristallisation

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

In vielen Regionen der Erde ist das Trinkwasser bereits jetzt knapp. Für eine sichere Versorgung der wachsenden Weltbevölkerung spielt die Entsalzung von Meerwasser oder Wässern aus versalzten Brunnen daher eine immer größere Rolle. Doch bisherige Entsalzungsverfahren sind mit einigen Nachteilen verbunden: Sie verbrauchen entweder viel Energie, sind aufwändig und daher nur für sehr große Anlagen geeignet. Oder sie benötigen Chemikalien, die problematische Rückstände erzeugen und müssen häufig gewartet werden. Die Partner des Verbundprojektes TrinGks entwickeln ein alternatives Verfahren, das die Entsalzung einfacher und effizienter macht. Ihre neue Technologie filtert das Salz durch Gefrieren heraus.

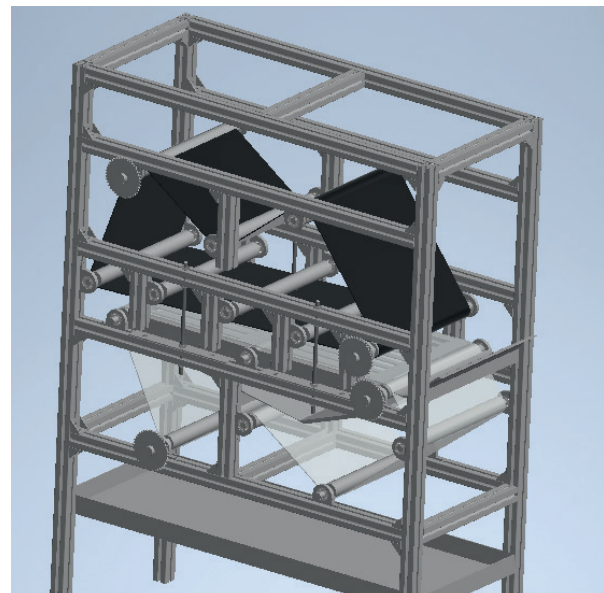
### Weniger Energie und Chemikalien, geringere Kosten

Knapp eine Milliarde Menschen weltweit haben nach Zahlen der Vereinten Nationen aktuell keinen verlässlichen Zugang zu sauberem Trinkwasser. Bis 2050 könnte der globale Bedarf Prognosen zufolge noch um 20 bis 30 Prozent steigen. Seit einigen Jahrzehnten wird daher in vielen Ländern Meerwasser mit Entsalzungsanlagen zu Trinkwasser aufbereitet. Ein großer Nachteil insbesondere bei thermischen Verfahren, die das Wasser durch Verdampfung entsalzen, ist jedoch der hohe Energieaufwand. Umkehrosmoseanlagen, die mit Hilfe einer Membran das Salz aus dem Meerwasser herausfiltern, sind zwar deutlich energieeffizienter. Sie benötigen jedoch Chemikalien, damit die Membranen funktionstüchtig bleiben. Nach der Entsalzung fallen somit problematische Rückstände in Form von Solen, also Salzlaugen, und den darin gelösten Chemikalien sowie anderen umweltbelastenden Stoffen an.

Das vom Verbundprojekt TrinGks entwickelte neue Entsalzungsverfahren setzt an diesen beiden Nachteilen bisheriger Methoden an: Statt das Wasser zu verdampfen, wird es zu Eiskristallen gefroren. Dafür wird nur ein Siebtel der für den thermischen Prozess notwendigen Energie benötigt. Im Vergleich zur Umkehrosmose entfallen bei der Gefrierkristallisation umfangreiche Vor- und Nachbehandlungen des Wassers mit Chemikalien. Da zudem die Investitionskosten erheblich niedriger ausfallen als z. B. bei der mehrstufigen Entspannungsverdampfung, können deutlich kleinere Entsalzungsanlagen gebaut werden – etwa für die Trinkwasserversorgung kleiner Inseln, die bisher per Schiff versorgt werden müssen.

### Trennen durch Pressen

Der Prozess der Gefrierkristallisation ist bereits sehr lange bekannt, da er ganz natürlich vorkommt: Beim Gefrieren von Salzwasser entsteht reines Wassereis, während sich die gelösten Salze in der verbleibenden flüssigen Sole aufkonzentrieren. Technisch schwierig war bislang, das Eis von der Sole zu trennen, da sich diese in vielen kleinsten Hohlräumen zwischen den Eiskristallen bildet. In einem vorangegangenen Projekt ist im Labormaßstab bereits der Nachweis gelungen, dass der Meerwasser-Eisbrei mit einem Pressverfahren bis zur Trinkwasserqualität aufgereinigt werden kann. Das TrinGks-Team will nun ein praxistaugliches Pressverfahren entwickeln, das sich auch für größere Mengen eignet.



Siebbandpresse für die Pressung des Eisbreis (CAD-Zeichnung)

Die Projektpartner untersuchen dazu im Labor, wie sich die Pressung auf die Eiskristalle auswirkt und in welchem Maße dadurch im Salzwasser gelöste Stoffe – neben den Salzionen auch Umweltschadstoffe wie Hormone, Metalle oder Arsen – und Keime entfernt werden. Sie erforschen außerdem die Vorgänge bei der Gefrierkristallisation und optimieren die Betriebsparameter. Im nächsten Schritt errichten und betreiben die Forschenden eine Laboranlage mit einer Entsalzungsleistung von zehn Liter pro Stunde. Um die Energieeffizienz des Verfahrens weiter zu steigern, wird im Rahmen von TrinGks auch ein System zur Kälterückgewinnung entwickelt. Dieses reduziert zum einen den Kältebedarf und verbessert zum anderen den Wirkungsgrad der Kälteanlage. Außerdem entwickeln die Projektpartner ein Konzept für eine umweltfreundliche Energieversorgung der Laboranlage über Photovoltaik.

#### Für Hotels, Getränkehersteller und Industrieabwässer

Zum Abschluss des Forschungsvorhabens soll das neue gekoppelte Verfahren aus Gefrierkristallisation und Pressen mit integrierter Kälterückgewinnung in einer Demonstrationsanlage dem Praxistest unterzogen werden. Die gewonnenen Erfahrungen fließen in Planungsunterlagen für eine verkaufsfähige Anlage ein, die aus ca. zehn bis 500 Kubikmetern Salzwasser pro Tag Trinkwasser erzeugen kann. Als potenzielle Kunden haben die Projektbeteiligten zunächst in erster Linie Hotelanlagen in südeuropäischen Tourismusgebieten im Blick, z. B. auf den Kanaren und Balearen, deren Trinkwasserversorgung auf entsalztes Wasser angewiesen ist. Daneben ergeben sich auch weitere Anwendungsmöglichkeiten des Verfahrens in der Getränkeindustrie sowie für die Reinigung oder Aufkonzentration verschiedenster industrieller Abwässer.



Laboranlage (im Aufbau, noch ohne Presse): Rechts Kristallisationsapparat mit Überlauf; Siebblech-Rutsche zum Abtropfen des Eisbreis; Behälter für Meerwasser, Sole und Süßwasser

#### Fördermaßnahme

KMU-innovativ, Technologiefeld „Ressourcen- und Energieeffizienz“, Themenbereich „Nachhaltiges Wassermanagement“

#### Projekttitel

Energieeffiziente Wasserentsalzung durch Gefrierkristallisation (TrinGks)

#### Laufzeit

01.04.2019 – 31.03.2021

#### Förderkennzeichen

02WQ1463 A-E

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

831.478 Euro

#### Kontakt

Hochschule Mannheim  
Institut Prozessmesstechnik und Innovative Energiesysteme  
Prof. Dr. Wolfgang Eisenmann  
Paul-Wittsack-Straße 10  
68163 Mannheim  
Telefon: +49 (0) 621 292 6196  
E-Mail: w.eisenmann@hs-mannheim.de

#### Projektpartner

Harnisch GmbH, Meckesheim  
Solar-Info-Zentrum GmbH, Neustadt/Weinstraße  
Technische Universität Berlin, Lehrstuhl für Brauwesen, Berlin  
Wittmann Geschäftsführungs- und Beteiligungs-GmbH, Neustadt/Weinstraße

#### Internet

[www.pi.hs-mannheim.de](http://www.pi.hs-mannheim.de)

#### Herausgeber

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

#### Stand

Juni 2020

#### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Redaktion und Gestaltung

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

Vorder- und Rückseite: Hochschule Mannheim

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





# UvPAA – Ultraschallbehandlung von Prozesswasser in Aquakultur- und Abwasseranlagen

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Fisch und Meeresfrüchte aus Aquakultur stehen weltweit immer häufiger auf dem Speisezettel. Aquakulturen werden vor allem in der Fischzucht häufig als Kreislaufanlagen betrieben, um Wasser zu sparen und negative Einflüsse auf die Umwelt zu begrenzen. Kreislaufanlagen sind Zuchtbecken, in denen das Wasser aufbereitet und wiederverwendet wird. Eine hohe Anzahl von Fischen pro Becken und die Wasserführung im Kreislauf führen jedoch auch zu einem erhöhten Risiko von Infektionskrankheiten und einer hohen Belastung mit organischen Substanzen. Im Verbundprojekt UvPAA forschen Beteiligte aus Wirtschaft und Wissenschaft an einem neuen Verfahren, das sowohl Krankheitserreger im Prozesswasser bekämpft, als auch gleichzeitig gelöste organische Substanzen abbaut. Sie setzen dafür Ultraschall mit hohen Frequenzen ein.

### Ultraschall für alle Wasserqualitäten geeignet

Die Bedeutung der Aquakultur wächst global. Eine stetig zunehmende Nachfrage nach Fischprodukten und der gleichzeitige Rückgang der natürlichen Bestände durch Überfischung fördern diese Entwicklung seit Jahrzehnten. Mit Steigerungsraten von durchschnittlich neun Prozent seit 1970 ist die Aquakultur der am schnellsten wachsende Zweig in der globalen Ernährungswirtschaft. Mittlerweile stammt beinahe die Hälfte des verzehrten Speisefisches aus Zuchtanlagen.

Die Produktion von Fischen findet häufig in geschlossenen Kreislaufanlagen statt. Durch die ständige Aufbereitung und Wiederverwendung des genutzten Wassers sind sie ein vergleichsweise ressourcenschonendes Zuchtssystem, das unabhängig von natürlichen Gewässern funktioniert und so nur gering in die Umwelt eingreift. Um die Erträge zu erhöhen, sind die Zuchtbecken jedoch zumeist sehr dicht mit Fischen besetzt. Krankheitserreger wie Bakterien, Parasiten und Viren können sich über das im Kreislauf geführte Wasser leicht verbreiten. Zudem reichern sich prinzipiell mit der Zeit gelöste organische Stoffe an. Diese stammen aus diversen Quellen: z. B. Weichmacher aus Kunststoffzuchtbehältern und -zuleitungen oder Insektizide und Pestizide aus Futtermitteln.

In geschlossenen Aquakulturanlagen muss daher eine sehr hohe Wasserqualität durch geeignete Aufbereitungsverfahren sichergestellt werden. Für die Sterilisation der Prozesswasser kommen bislang Ozon und UV-Licht zum Einsatz. Damit diese Verfahren gut funktionieren, muss das Wasser allerdings aufwändig vorbehandelt werden, um Schweb-

stoffe zu entfernen. Im Gegensatz dazu wird Ultraschall nicht von der Qualität des Wassers in Bezug auf Salzgehalt, Feststoffe oder Trübung beeinflusst. Das Verbundprojekt UvPAA will daher Ultraschall mit hohen Frequenzen ab 500 kHz zur Entkeimung von Prozesswasser aus Aquakulturkreislaufanlagen nutzen. Zusätzlich sollen mit der Methode auch gelöste organische Substanzen abgebaut werden. Ziel des Projektes ist der Bau eines Ultraschallgerät-Prototyps, dessen Leistungsfähigkeit in einer kommerziellen Aquakulturanlage getestet wird.

### Test in kommerzieller Aquakulturanlage

Der vom Projektteam entwickelte Ultraschallreaktor besteht aus einem Tank, der ein Volumen von 160 Liter hat und mit zwölf Ultraschallgebern bestückt ist. Der Prototyp soll in der Lage sein, bis zu zehn Kubikmeter Prozesswasser pro Stunde aufzubereiten. Somit eignet sich das neue



Geschlossene Aquakulturanlagen benötigen für die erfolgreiche Fischzucht eine sehr hohe Wasserqualität

Ultraschallsystem für Kreislaufanlagen mit einem Gesamtvolumen bis zu 250 Kubikmeter Wasser. In dem Prototyp führen die Forschenden Versuche zum Abbau und zur Entkeimung mit verschiedenen Ultraschallfrequenzen durch. Der Ultraschall führt zur Bildung von Radikalen – sehr reaktionsfreudigen Teilchen –, die in Kombination mit einer Thermolyse – so wird eine durch Erhitzen erzeugte chemische Reaktion bezeichnet – bewirken, dass die gelösten organischen Substanzen bis hin zu Kohlenstoffdioxid oxidiert werden. Parallel zum Abbau der organischen Substanzen tötet der Ultraschall auch Keime im Wasser ab. Als Nachweis für die Entkeimungsleistung setzen die Forschenden bestimmte molekularbiologische Identifikationsmethoden ein, die z. B. zwischen toten und lebenden Zellen unterscheiden können. Der Abbau der gelösten organischen Substanzen wird über chemische Methoden bilanziert. Die Kombination der Bestimmungsmethoden ergibt einen eindeutigen Nachweis für die Wirkung des Ultraschallverfahrens.

#### Auch für Abwasser- und Trinkwasseraufbereitung

Durch die mit hochfrequentem Ultraschall bewirkte gleichzeitige Entkeimung und Entfernung von gelösten organischen Substanzen in Wässern gleich welcher Qualität kann das im Projekt UvPAA entwickelte Verfahren nicht nur in Aquakulturanlagen, sondern auch zur Abwasserreinigung sowie Trinkwasser- und Ballastwasseraufbereitung eingesetzt werden. Es ergänzt somit heutige Standardverfahren zur Sterilisation und Reinigung in diesen Bereichen.



Die Forschenden testen das neue Verfahren im Ultraschallreaktor

#### Fördermaßnahme

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

#### Projekttitel

Ultraschallbehandlung von Prozesswasser in Aquakultur- und Abwasseranlagen (UvPAA)

#### Förderkennzeichen

O2WQ1432A

#### Laufzeit

01.09.2018 – 30.08.2020

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

587.666 Euro

#### Kontakt

AIMES GmbH  
Gert Petrick  
Kösterberg 10  
24238 Selent  
Telefon: +49 (0) 4384 1823  
E-Mail: aimesgmbh@aol.com

#### Projektpartner

Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI), Bremerhaven  
GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, Kiel  
Meinhardt Ultraschall, Leipzig

#### Internet

[www.awi.de/forschung/besondere-gruppen/aquakultur/aquakulturforschung/projekte/uvpaa.html](http://www.awi.de/forschung/besondere-gruppen/aquakultur/aquakulturforschung/projekte/uvpaa.html)

#### Herausgeber

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

#### Stand

Juli 2020

#### Text

Projektträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Gestaltung und Redaktion

Projektträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

Vorderseite: Alfred-Wegener-Institut (AWI) Bremerhaven  
Rückseite: AIMES GmbH

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



# Zero-P – Weitestgehende Phosphorelimination auf Kläranlagen über eine nachgeschaltete Filtration

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Steigende Anforderungen zum Gewässerschutz bedeuten auch anspruchsvollere Vorgaben für die Abwasserreinigung in kommunalen Kläranlagen. Dies gilt beispielsweise für die Entfernung von Phosphor: Das gereinigte Abwasser muss strenge Grenzwerte für den Nährstoff einhalten, bevor es in die Gewässer eingeleitet werden darf. Dies stellt die Kläranlagenbetreiber vor große betriebliche Herausforderungen. Das Verbundprojekt Zero-P entwickelt eine neue Verfahrenskombination, die einen nahezu vollständigen Rückhalt von Phosphor im Abwasser ermöglicht. Kernstück ist eine verbesserte Filtration mit speziellen Sandfiltern im Anschluss an die Phosphorfällung. Damit können fast alle Feststoffe, mitsamt der darin gebundenen Phosphoranteile, abgetrennt werden.

### An der Grenze des technisch Möglichen

Über strengere umweltrechtliche Vorgaben, wie sie etwa die Maßnahmenprogramme zur EU-Wasserrahmenrichtlinie und die 2016 in Kraft getretene Oberflächengewässerverordnung vorschreiben, soll ein guter ökologischer und chemischer Zustand von Flüssen und Seen erreicht werden. Dies bedeutet gleichzeitig auch, dass höhere Anforderungen an die Abwasserreinigung gestellt werden. So müssen Kläranlagen künftig zum Teil deutlich niedrigere Ablaufwerte für Phosphor einhalten. Da dies über bewährte biologische oder chemische Verfahren nicht erreicht werden kann, setzt das Verbundprojekt Zero-P auf eine verbesserte Kombination aus Fällung, Flockung und nachgeschalteter Filtration, bei der die einzelnen Schritte genauer als bisher aufeinander abgestimmt werden. Damit sollen sehr geringe Phosphor-Ablaufkonzentrationen nahe der technisch möglichen Mindestwerte stabil und sicher erreicht werden können.

### Optimiertes Zusammenspiel von Fällung und Filtration

Um den Phosphorrückhalt zu verbessern, ist im ersten Schritt ein noch gezielteres Fällen derjenigen Phosphoranteile notwendig, die im Abwasser in gelöster Form vorkommen. Sie können mit Hilfe geeigneter Fällungsmittel zu kleinen, ungelösten Phosphatflocken umgewandelt werden. Im Projekt Zero-P optimieren die Forschenden für diesen Schritt eine Zweipunkt-fällung: Hierunter versteht man eine Fällung an zwei Stellen im Abwasserreinigungsprozess; z. B. in der biologischen Stufe durch Zugabe des Fällmittels im Belebungsbecken – dies wird als Simultanfällung bezeichnet – sowie in einer eigenen,

der biologischen Reinigung nachgeschalteten Stufe als so genannte Nachfällung. Der nun gebundene Phosphor lässt sich dann im zweiten Schritt durch weiterentwickelte Filtrationsverfahren nahezu vollständig aus dem Abwasser entfernen. Das Projekt Zero-P setzt hierfür einen neuen dynamischen Sandfilter ein. Dieser kann unterbrechungsfrei, auch während der Filterbettreinigung, arbeiten. Weiterer Vorteil: Die Forschenden gehen davon aus, dass eine Filtration mit Sandfiltern im Vergleich zu Membranen deutlich wirtschaftlicher ist.

Die Kombination aus optimierter Zweipunkt-fällung des Phosphors und Nachbehandlung mittels dynamischer Sandfiltration erfordert neben einer genau abgestimmten Verfahrenstechnik auch darauf angepasste neue Strategien für die Steuerung und Überwachung. Die Anlagenregelung stellt wegen der extrem niedrigen Phosphorgehalte eine Herausforderung dar. Bislang steht für den Abwasserbereich keine praxiserprobte Online-Messtechnik zur Verfügung.



Steigende Anforderungen an die Entfernung von Phosphor in kommunalen Kläranlagen dienen dem Schutz der Gewässer

## Großtechnischer Versuch auf einer Kläranlage

Auf der Kläranlage Brandenburg-Briest erproben und optimieren die Forschenden das Zero-P-Verfahrenskonzept mit einer Versuchsanlage im großtechnischen Maßstab. Die Versuchsanlage umfasst eine Dosierstation, einen dynamischen Sandfilter sowie die notwendige Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik.

Begleitet wird der Versuchsbetrieb durch verschiedene Messprogramme. Diese dokumentieren u. a., wieviel Phosphor entfernt wird und welche Qualität der durch den Fällprozess erzeugte Schlamm hat. Die Projektpartner untersuchen auch, ob der darin enthaltene Phosphor zurückgewonnen und zur Düngung eingesetzt werden kann. Da eine Phosphorrückgewinnung auf Kläranlagen künftig gesetzlich verpflichtend sein wird, besteht ein großer Bedarf nach wirtschaftlichen Verfahren. Über die Phosphorentfernung hinaus eröffnen sich damit für das Zero-P-Verfahren weitere Marktchancen.



Ein dynamischer Sandfilter behandelt das Abwasser nach der biologischen Reinigung

### Fördermaßnahme

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

### Projekttitel

Weitestgehende Phosphorelimination auf Kläranlagen über eine nachgeschaltete Filtration für den Schutz von Gewässern und die Rückgewinnung von Phosphor (Zero-P)

### Laufzeit

01.07.2019 – 30.04.2021

### Förderkennzeichen

02WQ1491A - C

### Fördervolumen des Verbundprojektes

514.000 Euro

### Kontakt

Emscher Wassertechnik GmbH  
Prof. Dr.-Ing. Holger Scheer  
Brunnenstraße 37  
45128 Essen  
Telefon: +49 (0) 201 3610 120  
E-Mail: [scheer@ewlw.de](mailto:scheer@ewlw.de)

### Projektpartner

Nordic Water GmbH, Neuss  
Technische Universität Berlin,  
Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft, Berlin

### Internet

[www.ewlw.de/zero-p](http://www.ewlw.de/zero-p)

### Herausgeber

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

### Stand

Juni 2020

### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

### Redaktion und Gestaltung

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

### Bildnachweise

Vorderseite: Lippeverband  
Rückseite: Emscher Wassertechnik GmbH

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