



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 Nachweisysteme künftig durch eine elektrochemische Methode zu ersetzen, die erstmals ohne die Zugabe von Nachweissubstanzen auskommt.

Kompaktes, wartungsarmes und günstiges Sensorsystem

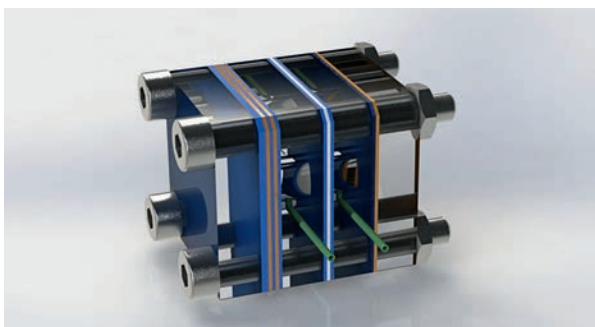
Die Forschenden wollen dazu ein handliches Sensorsystem entwickeln, das alle für die Phosphatbestimmung notwendigen Chemikalien durch elektrochemische Reaktionen selbst erzeugt. Auch die Konzentration des Phosphats soll nicht mehr optisch mithilfe empfindlicher Lichtquellen, sondern ebenfalls elektrochemisch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

bisherige Analysatoren 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 Analysentechnik GmbH & Co. KG, Hildesheim
SEBA Hydrometrie GmbH & Co. KG, Kaufbeuren

Internet

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



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

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.

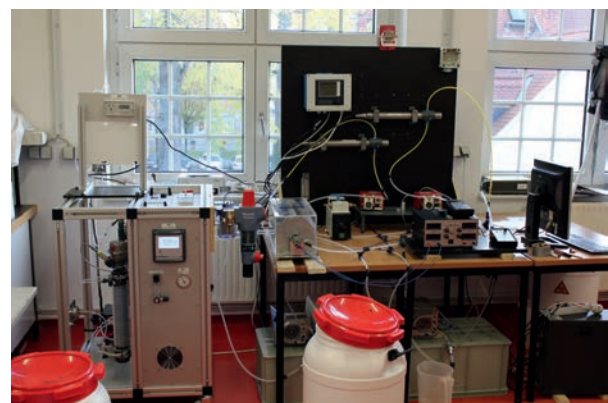
Im Verbundprojekt Photox wird daher ein neues Verfahren zur weitergehenden Abwasserreinigung entwickelt. Der Ansatz: Zwei Verfahren zur Entfernung von Spurenstoffen, die „Photokatalyse“ und die „Ozonierung“, werden zu einer neuen Technologie kombiniert, der „photokatalytischen Ozonierung“. Die Forschenden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

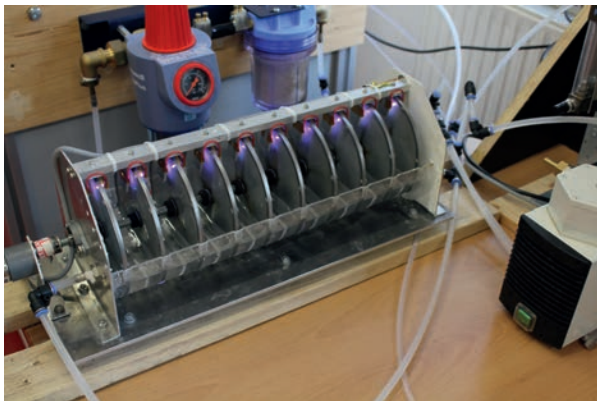
Von der Kombination aus Photokatalyse und Ozonierung zur so genannten photokatalytischen Ozonierung erhoffen sich die Photox-Verbundpartner eine im



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

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