



CYKATT – Entwurf und Bewertung cyberphysischer Kläranlagenkonzepte mit thermisch hochvernetzten Teilprozessen

KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Bei der Abwasserreinigung in kommunalen Kläranlagen wird auch Klärschlamm produziert, der zum Teil sehr reich an Energie und Rohstoffen ist. Bislang wurde dieser häufig durch Mitverbrennung in Kohlekraftwerken oder der Zementindustrie entsorgt oder bei entsprechender Qualität als Dünger in der Landwirtschaft eingesetzt. Beides ist jedoch mittlerweile aufgrund neuer gesetzlicher Vorgaben stark einschränkt, sodass die Klärschlammverwertung neue Lösungen erfordert. Vor diesem Hintergrund gibt es zahlreiche Anstrengungen, um die im Klärschlamm enthaltenen Rohstoffe, insbesondere Phosphor, zurückzugewinnen und die Energie zu nutzen. Das Verbundprojekt CYKATT entwickelt eine computergestützte Methodik für den Betrieb von Kläranlagen, die die Rohstoff- und Energieausbeute der Schlammverwertung maximiert.

Neuartige Kläranlagenkonzepte virtuell abbilden

Bei der Behandlung von Klärschlamm kommen unterschiedliche chemische, biologische und thermische Verfahren zum Einsatz. Durch geschickte Auswahl und Kombination dieser Verfahren und deren thermodynamische Vernetzung über Medien wie Dampf und Biogas oder durch Wärmepumpensysteme lässt sich die Rückgewinnung der im Klärschlamm enthaltenen Rohstoffe, z. B. Phosphor und Energie, maximieren. Die Energie kann wiederum für die Abwasserreinigung- und Schlammbehandlung genutzt werden. Darüber hinaus kann die Kläranlage Energie in Form von Nah- und Fernwärme, elektrischem Strom sowie Biogas oder Festbrennstoff liefern.

Um alle Prozesse in einem solchen thermisch hochvernetzten Kläranlagenkonzept optimal aufeinander abzustimmen, sind geeignete Werkzeuge für den Entwurf und Betrieb erforderlich. Ein vollständiges Tool, das dies leisten kann, steht bislang allerdings noch nicht zur Verfügung. Diesen Mangel soll das Verbundprojekt CYKATT beheben: Die Partner wollen eine neuartige computergestützte Methodik entwickeln, mit deren Hilfe Kläranlagen virtuell abgebildet werden können. Mithilfe des Kläranlagen-Simulators sollen komplexe neue Anlagenkonzepte detailliert analysiert und in Bezug auf Rohstoff- und Energieausbeute bei der Schlammverwertung optimiert werden. Die virtuelle Kläranlage soll zudem in das Mess-Steuer-Regel (MSR)-System von bestehenden Abwasseranlagen integriert werden. Durch eine Anbindung an das Internet entsteht so ein cyberphysikalisches System, das Mechanik,

Maschinensteuerung und Softwaresysteme miteinander vernetzt. Hiermit lässt sich die Kläranlage flexibel steuern und z. B. Konzepte zur vorausschauenden Wartung oder zur Vorhersage des Energiebedarfs der Anlage umzusetzen. Über standardisierte Schnittstellen sollen bestehende Simulationswerkzeuge mit Modellen aus CYKATT erweitert werden können.

Virtuelle und bestehende Kläranlagen verbinden

Die neue computergestützte Methodik ermöglicht es, Ideen aus der wissenschaftlichen Literatur aufzugreifen, um daraus neuartige Systeme mit unterschiedlichen



Das Verbundprojekt CYKATT setzt einen Wirbelschichtverdampfungstrockner für nachhaltige Kläranlagenkonzepte ein. Das Bild zeigt ein Beispiel aus der Zuckerindustrie.

Komponenten und Teilanlagen für nachhaltige Kläranlagenkonzepte zu entwickeln. Um diese neuartigen Systeme bewerten zu können, sind Modelle für Schlamm-trocknung, Stripping-Verfahren mit Dampf oder Luft, Wärmeübertrager, Wärmepumpensysteme oder thermische Verwertung – wie Verbrennung, Pyrolyse oder Vergasung – erforderlich. Solche Modelle sind zwar in der Literatur hinreichend beschrieben, stehen aber nicht vollständig in bestehenden Kläranlagen-Simulatoren zur Verfügung. Zur Berechnung der für die Modelle notwendigen Stoffdaten – insbesondere derjenigen, die noch nicht in vorhandene Simulatoren eingeflossen sind – entwickeln die CYKATT-Beteiligten eine neuartige Plattform. Sie greift auf verfügbare und überprüfbare Stoffdatenbibliotheken zu.

Mithilfe der entwickelten Modelle wollen die Projektpartner zwei existierende Kläranlagen virtuell abbilden und durch Simulation optimieren. Die Modelle werden in der Cloud betrieben und mit dem Mess-Steuer-Regel (MSR)-System der bestehenden Anlagen verbunden, sodass der Energiebedarf und die Dynamik der Kläranlagen vorhergesagt und die Fahrweise flexibel angepasst werden kann.

Vom Modell zur Software

Die im Projekt entwickelte computergestützte Methodik soll nach Projektabschluss zu einer Software weiterentwickelt und vermarktet werden. Der Bedarf dafür wird deutlich steigen, da die gesetzlich vorgeschriebene Phosphorrückgewinnung sowie eine alternative Klärschlamm-sorgung neuartige thermische Anlagenkonzepte erfordern. In Deutschland ist dies vor allem für die über 1.800 großen Kläranlagen mit mehr als 10.000 Einwohnerwerten interessant, europaweit liegt ihre Zahl bei über 10.000. Potenzielle Kunden für die in CYKATT entwickelte Simulationslösung sind außer Kläranlagenbetreibern u. a. auch Planer, Komponentenhersteller, Systemlieferanten und Forschungseinrichtungen.

Fördermaßnahme

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

Projekttitel

Entwurf und Bewertung cyberphysischer Kläranlagenkonzepte mit thermisch hochvernetzten Teilprozessen (CYKATT)

Förderkennzeichen

02WQ1535

Laufzeit

01.07.2020 - 30.06.2023

Fördervolumen des Verbundprojektes

1.026.000 Euro

Kontakt

TLK-Thermo GmbH
Dr.-Ing Wilhelm Tegethoff
Rebenring 31
38106 Braunschweig
Telefon: +49 (0) 531-39076-11
E-Mail: w.tegethoff@tlk-thermo.de

Projektpartner

awama GmbH, Braunschweig
TLK Energy GmbH, Aachen
TU Braunschweig, Institut für Chemische und Thermische Verfahrenstechnik und Institut für Thermodynamik, Braunschweig
TU Clausthal, CUTEC Forschungszentrum, Abteilung Abwasser-Verfahrenstechnik, Clausthal

Internet

www.tlk-thermo.com

Herausgeber

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

Stand

November 2020

Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Bildnachweis

awama GmbH

www.bmbf.de



IoT4H₂O – Ressourcenschonendes Wassermanagement in Bewässerungslandbau und urbanen Grünflächen durch IoT – Entwicklung von Funksensoren und Decision Support System

KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Bei der Bewässerung in Landwirtschaft, Gartenbau und der städtischen Begrünung wird Wasser häufig in falscher Menge und zum falschen Zeitpunkt gegeben. Auf diese Weise werden wertvolle Ressourcen verschwendet. Darüber hinaus können Düngersubstanzen in tiefere Bodenschichten bis ins Grundwasser dringen oder alternativ in Oberflächengewässer eingetragen werden und so die Umwelt belasten. Eine gezielte und effizientere Bewässerung soll mit einem intelligenten Steuerungs- und Regelungssystem möglich werden, das das Verbundprojekt IoT4H₂O entwickelt. Das flexible System besteht aus Funksendern, die Sensordaten wie Bodenfeuchte, Saugspannung und Temperaturen erfassen oder Ventile steuern können, sowie einer zugehörigen Webanwendung für Smartphone und Computer.

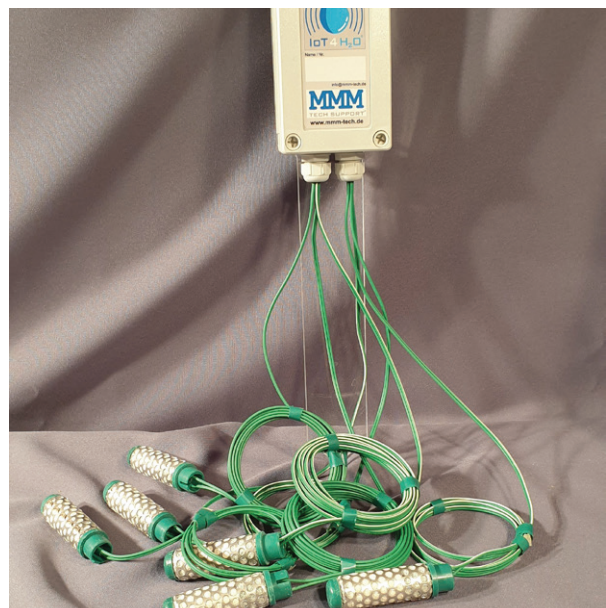
Besser bewässern mit modularem System

Für die Bewässerung wichtige Sensordaten können schon heute automatisch erfasst, aufgezeichnet und über das Mobilfunknetz bereitgestellt werden. Jedoch verbrauchen die momentan verfügbaren Datenerfassungssysteme vergleichsweise viel Strom, sind groß, teuer in Anschaffung und Betrieb und verfügen über störanfällige Kabelverbindungen zu den Sensoren. Auch bei der automatischen Bewässerung über Aktoren existieren seit Langem Zeitschaltuhren und Bewässerungscomputer, die selbstständig Wassergaben auslösen können. Manche Modelle können sogar mit Sensoren ausgestattet werden; allerdings zeichnen derartige Bewässerungscomputer mit wenigen Ausnahmen keine Daten auf und übertragen diese Daten auch nicht per Mobilfunk.

Die Beteiligten des Verbundprojektes IoT4H₂O wollen diese Nachteile mit einem neuen modularen System für Sensoren und Aktoren überwinden. Sie entwickeln ein System, das klein, kompakt und kostengünstig ist, dessen Batterie mehrere Jahre lang hält, das über eine hohe Reichweite verfügt sowie Hindernisse wie Gebäude, Hecken oder Bodenaufgaben gut durchdringen kann. Zudem kann es mit einer Vielzahl unterschiedlicher Sensoren und Aktoren verbaut werden, sodass auch bereits vorhandene Komponenten weiter genutzt werden können.

Funkmodul ermöglicht Datenkommunikation

Das IoT4H₂O-System besteht aus zwei aufeinander abgestimmten Komponenten: erstens einem eigenständigen Funkmodul. Dieses kann wahlweise mit verschiedenen Sensoren bestückt werden, um Daten zu erfassen und weiterzuleiten, beispielsweise zu Bodenfeuchte und Was-



IoT4H₂O-Datensender mit sechs Sensoren

sergehalt oder Temperatur. Alternativ kann es auch mit Aktoren wie Magnetventilen verbaut werden. Das Funkmodul kommuniziert mithilfe der Funkstandards LoRaWan oder NB-IoT mit der zweiten Systemkomponente, einer cloudbasierten Software, und macht die Sensoren bzw. Aktoren somit „intelligent“. Die speziell für das Internet der Dinge geeigneten Funkstandards zeichnen sich durch einen extrem geringen Stromverbrauch, sehr große Reichweite, hohe Datensicherheit und ein bisher unerreichtes Durchdringungsvermögen von Hindernissen aus.

Die cloudbasierte Software wird als Entscheidungsunterstützungssystem (englisch: Decision Support System) entwickelt. Die Verbundbeteiligten planen eine Webanwendung sowie eine Smartphone-App in verschiedenen Versionen, die jeweils an die spezifischen Bedürfnisse der Zielmärkte angepasst sind. Neben der reinen Datenverwaltung und -präsentation ist die Software in der Lage, auf Grundlage der Sensormesswerte und nutzererstellten Vorgaben Bewässerungen selbstständig auszulösen oder zu unterbinden sowie Warnmeldungen abzusetzen.

Weltweiter Einsatz möglich

Das IoT4H₂O-System überwindet die Grenzen bisheriger Instrumente zur Steuerung und Automatisierung der Bewässerung und eröffnet durch die Nutzung neuer, speziell an die Anforderungen von IoT-Anwendungen angepasster Funktechnologien auch neue Einsatzmöglichkeiten. Zu Projektende soll ein funktionierender Prototyp für die Serienfertigung zur Verfügung stehen. Als Kunden für das IoT4H₂O-System haben die Projektbeteiligten landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebe mit Bewässerung sowie Anwendungen für zu bewässernde städtische Grünflächen auf der ganzen Welt im Blick. Entsprechend riesig ist das Marktpotenzial.

Fördermaßnahme

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

Projekttitel

Ressourcenschonendes Wassermanagement in Bewässerungslandbau und urbanen Grünflächen durch IoT – Entwicklung von Funksensoren und Decision Support System (IoT4H₂O)

Förderkennzeichen

02WQ1515A-B

Laufzeit

30.11.2019 - 01.04.2022

Fördervolumen des Verbundprojektes

330.000 Euro

Kontakt

MMM tech support GmbH & Co KG
Dr. Christoph T. Mosler-Teichmann
Weigandufer 18
12059 Berlin
Telefon: +49 (0) 30 62736866
E-Mail: tino@mmm-tech.de

Projektpartner

ARBOR revival Borgmann gen. Brüser & Sternberg GbR, Bielefeld

Internet

mmm-tech.de

Herausgeber

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

Stand

Februar 2021

Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Bildnachweise

MMM tech support GmbH & Co KG



RAaaO – Reduktion von Antibiotikaresistenzen mittels akustisch aktivierter Ozonierung bei der weitergehenden Abwasserbehandlung

KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Die Belastung von Gewässern mit antibiotikaresistenten Bakterien und Antibiotika-Resistenzgenen ist in den letzten Jahren zunehmend in den Blick der Öffentlichkeit gerückt. Besonders im Fokus stehen Kläranlagen, die an der Schnittstelle zwischen Mensch und Umwelt als bedeutender Eintragspfad gelten. Sie sind üblicherweise nicht für einen weitergehenden Abbau von resistenten Bakterien und Genen ausgelegt. Um deren Verbreitung über Kläranlagen einzudämmen, müssen die bisher eingesetzten Technologien auf ihre Wirksamkeit hin untersucht und die Anlagen bei Bedarf aufgerüstet werden. Das Verbundprojekt RAaaO entwickelt ein Kombinationsverfahren, das Ultraschall und Ozon nutzt. Es entfernt kostengünstig sowohl antibiotikaresistente Bakterien und Resistenzgene als auch so genannte Spurenstoffe wie Medikamentenrückstände oder Haushaltschemikalien im Kläranlagenablauf.

Duo aus Ultraschall und Ozon gegen resistente Keime

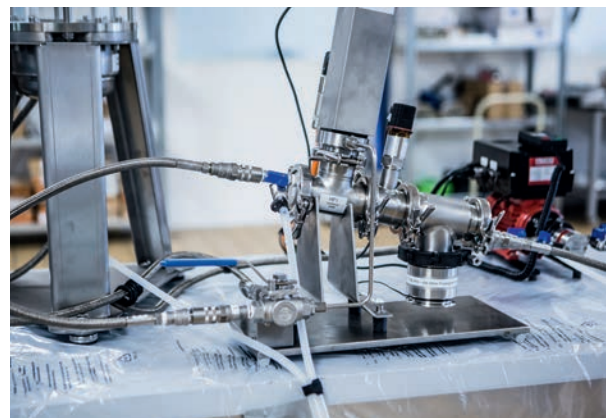
Resistente Krankheitserreger treten weltweit immer häufiger auf. Sie rufen Infektionen hervor, an denen allein in Europa jährlich rund 25.000 Menschen sterben, schätzt die Weltgesundheitsorganisation (WHO). Als Ursache für die steigenden Resistenzen gilt u. a. der übermäßige Einsatz von Antibiotika in den vergangenen Jahrzehnten. Kläranlagen zählen zu den wichtigen Eintragspfaden sowohl von Antibiotika als auch von resistenten Bakterien und Genen in die Umwelt. In ihnen finden sich hohe Konzentrationen an verschiedensten Bakterien auf kleinstem Raum. Treffen diese auf Restkonzentrationen von Antibiotika, kann dies das Risiko der Bildung und Weitergabe von Resistenzen, d. h. der Fähigkeit auch in Gegenwart des Wirkstoffs zu überleben und zu wachsen, erhöhen.

Mit konventionellen mechanischen und biologischen Reinigungstechnologien lassen sich antibiotikaresistente Bakterien und Antibiotika-Resistenzgene in Kläranlagen nicht vollständig zurückhalten. Dies kann nur durch weitergehende Verfahren sichergestellt werden. Deren Einführung als vierte Reinigungsstufe auf Kläranlagen wird derzeit im Zusammenhang mit den sogenannten Spurenstoffen diskutiert. Bei Spurenstoffen handelt es sich beispielsweise um Medikamentenrückstände oder Haushalts- und Industriechemikalien im Abwasser. Gegen diese haben sich vor allem zwei Technologien als wirksam erwiesen: Oxidationsverfahren mit Ozon oder Chlor sowie Adsorptionsverfahren, bei denen sich die Substanzen an der Oberfläche eines Festkörpers – etwa Aktivkohle –

anlagern. Die Verfahren oder deren Kombinationen können jedoch antibiotikaresistente Bakterien und Antibiotika-Resistenzgene nicht oder nur sehr bedingt entfernen. Die Forschenden im Verbundprojekt RAaaO entwickeln daher eine Methode, die sowohl diese Rückstände als auch gleichzeitig Spurenstoffe zuverlässig und kostengünstig eliminiert. Sie optimieren für diesen Zweck eine Kombination aus Ultraschall und Ozonbehandlung. Den Erfolg ihres Ansatzes wollen die Projektpartner mit neuen molekularbiologischen Monitoring-Methoden nachweisen.

Kombination verstärkt Wirkung

Die Forschenden machen sich für ihre neue Verfahrenskombination die Eigenschaft von Ozon als starkes Oxidationsmittel und die Wirkung von Ultraschall auf Flüssigkei-



Die neue Verfahrenskombination wird in einer Laboranlage getestet



ten und Bakterien bzw. Gene zunutze. Die hochfrequenten Schwingungen zerreißen das Wasser um die Mikroorganismen herum. Dadurch entstehen sogenannte Kavitationen – mit Wasserdampf gefüllte Hohlräume, die spontan zusammenfallen und dabei die Bakterienwände zerfetzen. Die Kavitationswirkung des Ultraschalls beschleunigt darüber hinaus das Oxidationsvermögen von Ozon. Von der Kombination dieser Mechanismen erhoffen sich die Forschenden eine erhöhte Wirkung auf Mikroorganismen, sodass antibiotikaresistente Bakterien und Antibiotika-Resistenzgene zuverlässig abgetötet werden können. Ein neues Gaseintragungssystem soll zusätzlich für einen besseren Übergang des Ozons in das Abwasser sorgen. Das System benötigt weniger Ozon, das sich zudem schneller löst. Es kann so kleiner dimensioniert werden, ist energieeffizienter und spart Betriebskosten.

Vorteil der Ozonierung ist, dass auf zusätzliche Chemikalien, wie z. B. Wasserstoffperoxid vollkommen verzichtet werden kann. Das System ist, bis auf einen benötigten Stromanschluss, völlig autark. Ob und wie gut die neue Kombination aus Ultraschall und Ozon mit optimierten Gaseintragungssystem in der Praxis funktioniert, testen die Forschenden mit realem Abwasser. Mit einer ebenfalls neuentwickelten Nachweismethode für Antibiotika-Resistenzgene können sie schnell und kostengünstig zahlreiche gesundheitsrelevante Resistenzgene identifizieren.

Sehr hohes Marktpotenzial

Alleine in Deutschland gibt es mehr als 9.500 kommunale Kläranlagen, von denen eine zunehmende Anzahl mit einer vierten Reinigungsstufe ausgestattet wird. Während es hierbei derzeit zwar vorrangig um die Entfernung von Spurenstoffen geht, wird mittelfristig auch die Wirksamkeit solcher Systeme in Bezug auf antibiotikaresistente Bakterien und Antibiotika-Gene in den Blickpunkt rücken. Für die kommerzielle Umsetzung der in RAaaO entwickelten Verfahrenskombination, die beide Probleme angeht, besteht daher ein sehr hohes Marktpotenzial.

Fördermaßnahme

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

Projekttitel

Reduktion von Antibiotikaresistenzen mittels akustisch aktivierter Ozonierung bei der weitergehenden Abwasserbehandlung (RAaaO)

Förderkennzeichen

02WQ1537A

Laufzeit

01.05.2020 – 30.04.2022

Fördervolumen des Verbundprojektes

511.491 Euro

Kontakt

up2e! GmbH
Dipl.-Ing Ulla Pöschl
Johannes-Bayer-Straße 3
86641 Rain am Lech
Telefon: +49 (0) 9090 92207-0
E-Mail: ulla.poeschl@up2e.com

Projektpartner

Technische Universität Darmstadt, Institut IWAR,
Fachgebiet Abwasserwirtschaft, Darmstadt

Internet

www.up2e.com

Herausgeber

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

Stand

September 2020

Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Bildnachweise

up2e! GmbH



HD-SmartClean – Optimierung einer HD-Düse und Verfahren zur Ermittlung des Reinigungsergebnisses sowie Korrelation der Ergebnisse zur selbstlernenden maschinellen Wärmetauscherreinigung

KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Wärmetauscher kommen in verschiedensten Industriezweigen zum Einsatz. Oftmals handelt es sich dabei um Rohrbündelwärmetauscher, deren zahlreiche Rohre fortlaufend durch Verunreinigungen – so genanntes Fouling – verstopfen. Die Ablagerungen werden regelmäßig mit Hochdruckwasserstrahlen von bis zu 3000 Bar gereinigt, um eine effiziente Wärmeübertragung der Tauscher sicherzustellen. Für einen optimalen Reinigungsprozess muss eine Vielzahl von Parametern aufeinander abgestimmt werden. In der Praxis geschieht dies häufig nicht. Dadurch dauern Reinigungen länger oder erzielen nicht das gewünschte Ergebnis. Das Verbundprojekt HD-SmartClean entwickelt ein selbstlernendes Hochdruck (HD)-Reinigungssystem, das mithilfe künstlicher Intelligenz kontinuierlich bestmögliche Reinigungsparameter für Rohrbündelwärmetauscher ermittelt und anwendet.

Datenbank ersetzt Erfahrungswerte

In jedem Chemiewerk ist eine Vielzahl verschiedener Rohrbündelwärmetauscher in unterschiedlichen Größen verbaut. Gereinigt werden diese häufig direkt vor Ort mit Wasserhochdruck, während die Anlagen abgeschaltet sind oder gewartet werden. Dieser Prozess kann zwar mit speziellen Maschinen vollautomatisch ablaufen. Das Einstellen der Maschinenparameter übernehmen jedoch bislang die Bedienenden selbst auf Grundlage ihrer Erfahrungen. Falsch gewählte Parameter können somit zu sehr langen Reinigungen oder schlechteren Reinigungsergebnissen mit höherem Ressourcenverbrauch führen.

Abhilfe wollen die Beteiligten des Verbundprojektes HD-SmartClean mit einem neuen intelligenten Reinigungssystem schaffen. Es ergänzt die automatische Reinigungsvorrichtung mit datenbankbasierten Vorschlägen für optimale Reinigungsparameter und unterstützt die Bedienenden bei der Einstellung der Hochdruckpumpe. Die Reinigung läuft damit wesentlich ressourceneffizienter ab und wirkt sich positiv auf die Leistung der Produktionsanlagen aus.

Der perfekte Wasserstrahl für die beste Reinigung

Die Informationen für die optimalen Reinigungsparameter ruft die Reinigungsmaschine aus einer Datenbank ab, die die HD-SmartClean-Beteiligten aufbauen. Basis der

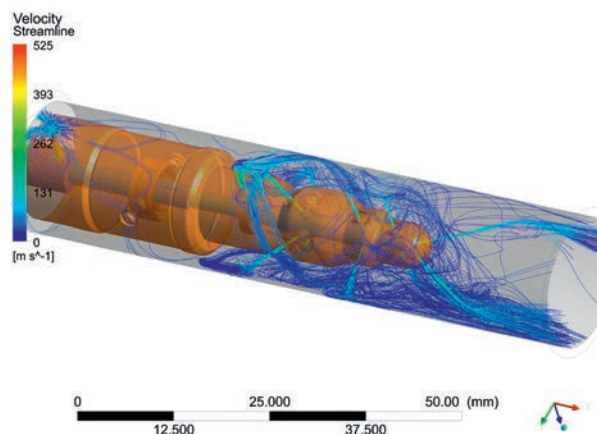


Ein Wärmetauscher wird vollautomatisch mit Hochdruckwasser gereinigt

Datenbank bilden Simulations- und Versuchsergebnisse aus Testreihen mit unterschiedlichen Verschmutzungen und Reinigungsparametern, die die Forschenden zuvor festgelegt und in verschiedene Klassen unterteilt haben. Anschließend werden alle Reinigungsvorgänge aufgezeichnet und mithilfe eines selbstlernenden Algorithmus ausgewertet.

Entscheidende Stellgrößen, um die Reinigung zu optimieren, sind der Wasseraustritt aus der Reinigungsdüse der Maschine und die Kraft, die auf die Verschmutzung in den Rohrbündelwärmetauschern einwirkt. HD-SmartClean ermittelt daher in mehreren Labor- und Praxisuntersuchungen das optimale Wasserstrahlbild einer Hochdruck-

düse bei verschiedenen Verschmutzungsarten. Mittels Hochgeschwindigkeitskameras und Computermodellen untersuchen die Projektpartner den Einfluss der Düse und das Zusammenspiel der verschiedenen Parameter. Die errechneten Wirkungsgrade werden anschließend unter Realbedingungen überprüft und bilden den Startpunkt der Datenbank.



Simulation des Wasserstrahlbildes einer Hochdruckwasserstrahl-Düse im Wärmetauscherrohr

Aus Praxiseinsätzen und der Rückmeldung von automatisierten Anlagen wird diese Datenbasis kontinuierlich ausgebaut und für die weitere Optimierung genutzt. Durch eine Schnittstelle zur Datenbank stehen die Reinigungsparameter und -ergebnisse dem Anwender vor Ort jederzeit zur Verfügung. Sie lassen sich standortunabhängig weltweit nutzen und ergänzen. So kann der Wirkungsgrad der Reinigung künftig basierend auf den Erfahrungswerten in der Datenbank vorausgesagt und der Prozess bestmöglich geplant werden. Dies verkürzt die Reinigungszeit, was sich wiederum positiv auf den Wasser- und Energieverbrauch auswirkt. Darüber hinaus arbeiten Produktionsanlagen mit sauberen und optimal leitfähigen Wärmetauschern deutlich energieeffizienter.

Für Apparate in Chemieanlagen und darüber hinaus

Die Erkenntnisse aus dem Verbundprojekt HD-SmartClean lassen sich auf die Bereiche Rohrleitungs-, Behälter- und Kolonnenreinigung übertragen. Dies deckt das Gros des Spektrums an Apparaten in chemischen Anlagen ab. Weiteres Potenzial erschließt sich außerdem durch den Einsatz der HD-Technik im kommunalen Abwassersystem.

Fördermaßnahme

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

Projekttitel

Optimierung des Wasserstrahlbildes einer HD-Düse und Verfahren zur Ermittlung des Reinigungsergebnisses sowie Korrelation der Untersuchungsergebnisse zur selbstlernenden maschinellen Wärmetauscherreinigung (HD-SmartClean)

Förderkennzeichen

02WQ1515A-B

Laufzeit

01.09.2020 – 31.08.2022

Fördervolumen des Verbundprojektes

581.568 Euro

Kontakt

Triovent GmbH
M. Sc. Thorsten Peiffer
Dorfstraße 52 41540 Dormagen
Telefon: +49 (0) 2133 2851999
E-Mail: info@triovent.de

Projektpartner

Hochschule Düsseldorf, FMDauto – Institut für Produktentwicklung und Innovation, Düsseldorf

Internet

triovent.de
fmdauto.de

Herausgeber

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

Stand

Februar 2021

Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Bildnachweise

Vorderseite: Triovent GmbH, Dormagen
Rückseite: Hochschule Düsseldorf, Düsseldorf



FABEKO– Grundwasserschutz durch flächenhafte Aufbereitung PFAS-verunreinigter Böden durch On-Site-Bodenelektion und Wasseraufbereitung durch elektrostimulierte Aktivkohle

KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) sind Industriechemikalien, die aufgrund ihrer besonderen technischen Eigenschaften in zahlreichen Prozessen und Verbraucherprodukten eingesetzt werden. Wegen ihrer breiten Verwendung finden sie sich heute überall in der Umwelt. PFAS zu beseitigen, ist kompliziert und aufwändig. Das Verbundprojekt FABEKO entwickelt eine kostengünstige Alternative, um die Schadstoffe aus Böden und Grundwasser zu entfernen. Die Reinigung soll vor Ort und damit schneller und ressourcenschonender als bislang erfolgen, nur geringe Rückstände erzeugen sowie eine Wiederverwendung von Behandlungsmitteln ermöglichen. Kern des Verfahrens ist eine Bodenwäsche mit Reinigungssubstanzen, die aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen werden - sogenannten Biopolymeren – kombiniert mit einer anschließenden zweistufigen Wasseraufbereitung.

PFAS: Praktisch, aber problematisch

Die Stoffgruppe der PFAS umfasst mehr als 4700 verschiedene Verbindungen. Es handelt sich dabei um menschengemachte organische Chemikalien, die nicht natürlich in der Umwelt vorkommen. Die Substanzen haben wasser-, schmutz- und fettabweisende Eigenschaften und werden unter anderem zur Oberflächenbeschichtung von Papier, Imprägnierung von Kleidung, Polstermöbeln und Teppichen und in Feuerlöschschäumen eingesetzt. Sie sind langlebig und schwer abbaubar. Viele PFAS reichern sich zudem in der Umwelt sowie im menschlichen und tierischen Gewebe an. Einige stehen im Verdacht krebserregend zu sein und das Risiko für andere Krankheiten zu erhöhen.

Da PFAS teilweise sehr mobil sind, können sie leicht vom Boden ins Grundwasser ausgewaschen werden und dort schnell zu großflächigen Verschmutzungen führen und Trinkwasserquellen gefährden. Weiterhin werden PFAS häufig von Böden auf Pflanzen übertragen. PFAS-belastete landwirtschaftliche Flächen eignen sich daher nicht mehr zum Anbau von Lebensmitteln.

Aktuelle Verfahren zur Reinigung PFAS-haltiger Grundwasser und Böden haben sich vielfach nur als gering wirksam erwiesen und sind sehr teuer. Eine kostengünstige und nachhaltige Alternative wollen die Beteiligten des Verbundprojektes FABEKO entwickeln. Die Forschenden

setzen dabei auf eine kombinierte Reinigungstechnologie, mit der die belasteten Böden vor Ort großflächig behandelt werden können. Das dreistufige automatisierte Verfahren verbindet eine Bodenwäsche mit Biopolymeren und eine Wasseraufbereitung in zwei Schritten. Als Abfall fällt lediglich eine geringe Menge an PFAS-Konzentrat an; das Waschwasser und der gereinigte Boden können wiederverwendet werden.

Erst waschen, dann Schadstoffe herausholen

Bei dem Kombinationsverfahren wird zunächst der kontaminierte Boden am Standort zu stabilen Haufen, sogenannten Mieten, aufgeschüttet und mit einer speziell



Reinigungslösungen nach Bodenspülung: Die Lösungen enthalten aus dem verunreinigten Boden herausgelöste PFAS.

auf PFAS abgestimmten Biopolymerlösung durchspült. Mit diesem „Waschvorgang“ gelangen die Schadstoffe vom Boden in die Spüllösung und werden anschließend in zwei weiteren Schritten aus dieser entfernt. Dabei beseitigen die Forschenden die Hauptmenge an PFAS durch Flotation aus dem Prozesswasser. Bei der Flotation handelt es sich um ein Trennverfahren, bei dem Dichteunterschiede ausgenutzt werden. Dabei weisen die abzutrennenden Teilchen eine geringere Dichte auf, als die Flüssigkeit, von der sie abgetrennt werden.

Die noch verbliebenen Schadstoffe werden mit Hilfe von spezieller Aktivkohle entfernt. Das Besondere an ihr: Die auf PFAS abgestimmte Aktivkohle ist potentialgesteuert. Das heißt, durch elektrisches Potential kann negativ oder positiv geladene Aktivkohle erzeugt werden. Je nach Ladung kann sie Stoffe anlagern – man spricht hier von Adsorption – und wieder abgeben, beziehungsweise desorbieren. Auf diese Weise lässt sich die Aktivkohle regenerieren und länger nutzen. Für diese Feinreinigung entwickeln die Projektbeteiligten ein neuartiges Elektrosorptions/-desorptions-Modul mit elektrisch leitfähigen Aktivkohleplatten.

Beide Schritte der Waschwasseraufbereitung erzeugen jeweils nur kleine Mengen an PFAS-Konzentrat, die im Anschluss umweltschonend entsorgt werden können. Ein erneuter Einbau des gereinigten Bodens ist vor Ort möglich, sodass eine teure Deponierung entfällt. Auch das für das Waschverfahren benötigte Wasser und die Polymere – deren Mengen im Vergleich zu bisherigen Methoden vergleichsweise gering sind – können im Kreislauf geführt werden.

Für viele Standorte geeignet

Das in FABEKO zu entwickelnde kombinierte Sanierungsverfahren zielt darauf ab, den technischen Aufwand für eine Sanierung PFAS-belasteter Böden zu minimieren und dadurch die Entsorgungskosten deutlich zu senken. Es ermöglicht ein effizientes Flächenrecycling, vermindert die Deponierung von Sondermüll und schützt die Ressource Grundwasser vor Schadstoffeinträgen. Zudem ist es für viele verschiedene Standorte geeignet. Der Bedarf ist sehr groß: Neben zahlreichen Industriestandorten und kontaminierten Ackerflächen gibt es allein in Deutschland ca. 25.000 Standorte der Freiwilligen, Berufs- oder Werkfeuerwehren, die potenziell sanierungspflichtig sind.

Fördermaßnahme

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

Projekttitel

Grundwasserschutz durch flächenhafte Aufbereitung PFAS-verunreinigter Böden durch On-Site-Bodenelution und Wasseraufbereitung durch elektrostimierte Aktivkohle (FABEKO)

Förderkennzeichen

02WQ1577A-D

Laufzeit

01.03.2021 – 31.08.2023

Fördervolumen des Verbundprojektes

849.188 EUR

Kontakt

Sensatec GmbH
Anja Wilken
Friedrichsorter Str. 32
24159 Kiel
Telefon: +49 (0) 431 38900911
E-Mail: a.wilken@sensatec.de

Projektpartner

GEOlogik Wilbers & Oeder GmbH, Münster
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ), Leipzig
Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH, Hannover

Internet

fabeko.de

Herausgeber

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

Stand

Juni 2021

Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Bildnachweise

Sensatec GmbH

bmbf.de



KompaGG-N – Komplettaufbereitung von Gülle und Gärresten

KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

In der Landwirtschaft kommen Gülle und Gärreste aus der Biogasproduktion häufig als Düngemittel zum Einsatz. Landet jedoch zu viel davon auf den Feldern, belastet dies vielerorts das Grundwasser mit der Stickstoff-Verbindung Nitrat. Die Düngung mit organischen Reststoffen wird daher seit einigen Jahren durch verschiedene gesetzliche Vorgaben deutlich erschwert. Die Landwirtschaft sucht gleichzeitig nach neuen Lösungen, um Gülle und Gärreste auf andere Weise zu verwerten. Das Team des Verbundprojektes KompaGG-N entwickelt Verfahren aus der Abwasserbehandlung weiter, um überschüssige Nährstoffe umweltverträglich abzubauen oder Stickstoff als Ressource zurückzugewinnen.

Vom Problem zum Produkt

Das Düngegesetz, die neue Düngeverordnung sowie weitere gesetzliche Vorgaben erhöhen den Druck auf Betreiber von Biogasanlagen und Tiermastbetrieben, die durch organische Dünger verursachten Nitratreinträge in die Gewässer zu senken. Zwar gibt es schon eine Reihe von Verfahren zur Aufbereitung hoch stickstoffhaltiger Wässer und Schlämme. Doch hat sich bislang keine dieser Technologien als Standard durchsetzen können, um Gülle und Gärreste zu behandeln. Dies liegt unter anderem an der wechselnden Zusammensetzung und Menge der Ausgangsstoffe und unterschiedlichen Anforderungen der landwirtschaftlichen Betriebe an die Aufbereitungsqualität. Zudem rechnen sich die Verfahren noch nicht oder haben aus ökologischer Sicht Mängel.

An diesen Punkten setzt das Verbundprojekt KompaGG-N an. Ziel ist es, ein wettbewerbsfähiges und umweltfreundliches Verfahren zu entwickeln, um überschüssige Gülle und Gärreste umweltverträglich abzubauen und marktfähige Stickstoffprodukte zurückzugewinnen. Die Beteiligten wollen dazu einzelne Teilschritte bestehender Technologien zu einer abgestimmten Verfahrenskette kombinieren, die an spezifische Aufbereitungsziele angepasst werden kann. Ein modularer Aufbau ermöglicht es, das Verfahren sehr flexibel zusammenzustellen. Zusätzlich soll die Verfahrenskette auf Energie, CO₂-Emissionen und Kosten optimiert werden sowie im besten Fall auch Mikro-schadstoffe und multiresistente Keime beseitigen.

Wirtschaftlich, flexibel, ökologisch

Für die Verfahrenskette betrachten die Forschenden drei Technologien, die sie als Module im Zusammenspiel und alternativ auch als Einzellösung untersuchen: Membranfiltration, fraktionierte Eindampfung und Deammonifikation. Ausgewählte Verfahrensketten erproben die Projektbeteiligten im halbtechnischen Maßstab auf einer Biogasanlage und bei einem Schweinemastbetrieb. Hierbei wollen sie prozessrelevante Kenndaten, beispielsweise zu Anlagengrößen und der erzielten Nährstoffrückgewinnung, ermitteln, die für eine spätere Umsetzung in der Praxis wichtig sind.

Um Nährstoffe aus Gärresten und Gülle zurückzugewinnen, müssen daraus im ersten Schritt feste Stoffe abgetrennt werden. Für die Filtration nutzen die Projektbeteiligten keramische Membranen, die sie im Rahmen von KompaGG-N für diesen Zweck anpassen.



Mobile Versuchsanlage zur fraktionierten Eindampfung

Bei der sogenannten fraktionierten Eindampfung werden die Schlämme fortlaufend eingedampft, sodass ein Großteil des darin enthaltenen gasförmigen Stickstoffs in Form von Ammoniak entweicht und in konzentrierter Form aufgefangen werden kann. Dabei verringert sich das Volumen des Schlamms um mehr als die Hälfte. Heraus kommen Wasser mit sehr geringen Stickstoffgehalten sowie eine hochkonzentrierte Ammoniaklösung, die als wertvolle Grundchemikalie beispielsweise in der chemischen Industrie vermarktet werden kann. Zudem verbraucht das Verfahren erheblich weniger umweltschädliche Betriebsmittel – etwa Schwefelsäure – als andere Technologien zur Stickstoffrückgewinnung.

Um einen vollständigen Stickstoffabbau zu erreichen, schalten die Forschenden eine Deammonifikation nach. Dieses bereits in der Prozesswasserbehandlung großtechnisch eingesetzte Verfahren benötigt im Gegensatz zur üblichen biologischen Reinigung keinen Kohlenstoff, um Stickstoff zu entfernen. Daher eignet es sich im besonderen Maße für Reststoffe wie Gülle und Gärreste mit hohem Stickstoff- und geringem Kohlenstoffgehalt. Die Projektbeteiligten wollen die Kombination aus Feststoffabtrennung, Eindampfung und Deammonifikation im Projekt KompaGG-N zu einem Komplettaufbereitungskonzept für Gülle und Gärreste weiterentwickeln. Alternativ erproben sie auch Deammonifikationsmodule, die als eigenständige, weitgehend vorkonfektionierte und kompakte Einheiten in landwirtschaftlichen Betrieben eingesetzt werden können.

Standortspezifische Angebote

Zum Abschluss von KompaGG-N sollen standortangepasste, nachhaltige und wirtschaftlich sinnvolle Konzepte für die Verwertung von Gülle- und Gärresten vorliegen. Sie ermöglichen es, Betreibern von Biogasanlagen und Landwirtschaftsbetrieben Nährstoffüberschüsse auf Ackerflächen deutlich zu senken und so Nitratreinträge ins Grundwasser zu vermeiden. Darüber hinaus können marktfähige Produkte für verschiedene Branchen auch außerhalb der Landwirtschaft erzeugt werden. Angesichts riesiger Mengen organischer Reststoffe allein in Deutschland und der gesamten EU und immer strengerer Vorgaben zum Grundwasserschutz ist das Marktpotenzial sehr gut.

Fördermaßnahme

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

Projekttitel

Komplettaufbereitung von Gülle und Gärresten – Verfahrensentwicklung unter Berücksichtigung regionaler Stoffstromkonzepte für Nähr- und Schadstoffe (KompaGG-N)

Förderkennzeichen

02WQ1516 A-D

Laufzeit

01.09.2019 – 31.08.2022

Fördervolumen des Verbundprojektes

1.273.236 Euro

Kontakt

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

Projektpartner

DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), Karlsruhe
E&P Anlagenbau GmbH, Berlin
Leibniz Universität Hannover, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik (ISAH), Hannover

Internet

isah.uni-hannover.de

Herausgeber

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

Stand

Mai 2021

Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Bildnachweise

BIORESTEC GmbH



HYDROMETSENSO – Einsatz von hydrometeorologischen Sensoren zur Verbesserung der Datenlage in kleinen Einzugsgebieten

KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Starkregen, Überschwemmungen und andere extreme Wetterereignisse treten als Folge des Klimawandels immer häufiger auf. Um sich dagegen zu wappnen, sind möglichst genaue und kleinräumig erfasste hydrometeorologische Daten beispielsweise zu Niederschlägen, Lufttemperatur und -feuchte notwendig. Diese dienen als Input für hydrologische Modelle, die Wasserstände und Abflussmengen vorhersagen. Die Beteiligten des Verbundprojektes HYDROMETSENSO entwickeln ein auf kleine Einzugsgebiete angepasstes Messsystem. Es besteht aus bereits verfügbarer kostengünstiger Hardware. Mit dem System können auch räumlich begrenzte Starkregen oder Sturzfluten erfasst und in hydrologischen Modellen für eine bessere Risikovorhersage berücksichtigt werden.

Datenlage in kleinen Einzugsgebieten verbessern

Mit den derzeitigen hydrologischen Modellen können für kleine Gebiete bis zu 100 Quadratkilometern standardmäßig keine zuverlässigen orts- und zeitscharfen Niederschlags- und Abflussvorhersagen erstellt werden. Grund dafür ist, dass die gängigen Messnetze der nationalen Meteorologischen und Hydrometeorologischen Dienste die für die Modellierung erforderlichen Daten zum Wettergeschehen in der Regel nur großräumig und mit geringer Auflösung erfassen. Zeitlich und räumlich hochaufgelöste Messreihen sind aufgrund der hohen Kosten für die Messstationen bislang meist zu teuer.

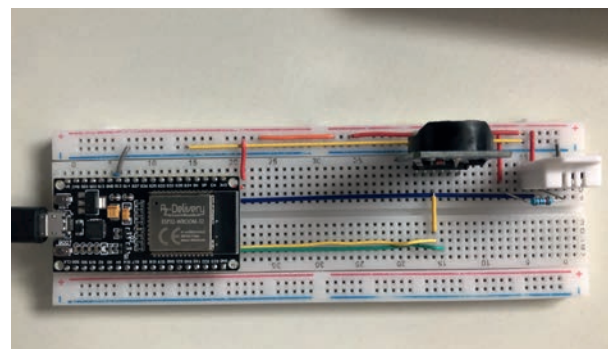
Um die Beobachtungslücken zu schließen, müssen Daten mit verschiedenen, meist aufwendigen, mathematischen Verfahren in hydrologischen Modellen interpoliert werden: d.h. man füllt die Datenlücken zwischen bekannten Werten durch Annäherungen aus. Die auf diese Weise gewonnenen und auf die Fläche hochgerechneten Daten bilden die tatsächlichen Verhältnisse im Einzugsgebiet jedoch nur ungefähr ab. Bereits kleine Ungenauigkeiten in den interpolierten Werten führen zu schlechteren Simulationsergebnissen der Modelle und damit zu ungenauen Vorhersagen von Wasserständen und Abflussmengen.

Hier setzt das Verbundprojekt HYDROMETSENSO an. Die Forschenden wollen kostengünstige Messsysteme auf Basis von handelsüblichen einfachen Komponenten entwickeln, die mit hydrologischen Modellen gekoppelt werden. Die durch die Systeme erfassten, gespeicherten und automatisch in Modelle eingespeisten Daten können dazu

beitragen, Vorhersagesysteme zu vergleichsweise geringen Kosten regelmäßig flächendeckend zu aktualisieren.

Geringe Kosten, hoher Nutzen

Das Projektgebiet, in dem die in HYDROMETSENSO neu entwickelten Messsysteme erprobt werden, liegt im oberbayerischen Großkarolinenfeld und ist Teil des Einzugsgebiets der Rott. Dort stehen bereits zahlreiche Messdaten zu einzelnen Prozessen des Wasserkreislaufs zur Verfügung. Diese setzen die Forschenden im Projekt ein, um die Instrumente zu überprüfen und die Kopplung der Prozesskette „Messung-Modellanwendung-Vorhersage“ zu testen.



Testinstallation mit HYDROMET-Sensoren

Die Projektbeteiligten wählen für die Systeme handelsübliche kostengünstige Sensoren aus, die hydrometeorologische Größen wie Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Sonnenscheindauer oder Bodenfeuchte messen.



Die Auswahlkriterien richten sich nach den Anforderungen der hydrologischen Modelle, mit denen die Sensoren später gekoppelt werden. Dabei spielt z. B. auch eine Rolle, wie zuverlässig sie Daten übertragen. Die Sensoren werden in ein einheitliches Messsystem integriert und über einen Raspberry Pi gesteuert. Hierbei handelt es sich um einen sehr einfach aufgebauten Einplatinencomputer. Mit solchen Netzwerken können die Forschenden individuelle Lösungen für einzelne Einzugsgebiete und Kundenwünsche entwickeln.

Die erfassten hydrometeorologischen Daten verifizieren die Projektpartner mit ausgewählten Modellen, z. B. dem für kleine Einzugsgebiete gut geeigneten Modell WaSiM (Water balance Simulation Model). Die Daten helfen gleichzeitig auch, die Modelle in Echtzeit weiter zu verbessern, indem die automatisch übermittelten Werte fortlaufend für deren Kalibrierung genutzt werden. Dies wiederum präzisiert die mit den Modellen gewonnenen Vorhersagen und ermöglicht es, Frühwarnsysteme zu optimieren.



Beispiel für eine Wetterstation

Hoher Bedarf an kostengünstigen Daten

Mit dem im Projekt Hydrometsenso entwickelten Monitoringsystem bieten die Beteiligten ein kostengünstiges Produkt an, das eine automatisierte Übertragung von hydrometeorologischen Daten an gekoppelte Modelle ermöglicht und diese gleichzeitig kontinuierlich verbessert. Der Bedarf an aktuellen und preiswert gewonnenen hydrometeorologischen Daten ist gerade für kleine Einzugsgebiete sehr groß. Als Kunden haben die Projektbeteiligten vor allem Städte, Gemeinden und im Hochwasserrisikomanagement tätige Planungsbüros im Blick.

Fördermaßnahme

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

Projekttitel

Einsatz von hydrometeorologischen Sensoren zur Verbesserung der Datenlage in kleinen Einzugsgebieten (HYDROMETSSENSE)

Laufzeit

01.04.2021 – 31.03.2023

Förderkennzeichen

02WQ1550A-B

Fördervolumen des Verbundprojektes

247.244 Euro

Kontakt

Dipl.-Ing. Dr. techn. habil. Tibor Molnar
Ingenieurbüro für Umweltmanagement und Wasserwesen (UWM)
Fasanenstraße 38
82008 Unterhaching
Telefon: +49 (0) 89 61098504
E-Mail: dr.molnar@ingbuero-uwm.de

Projektpartner

Technische Universität München, München

Internet

bgu.tum.de/hydrologie/forschung/laufende-projekte/hydrometsenso/

Herausgeber

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

Stand

September 2021

Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Redaktion und Gestaltung

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Bildnachweise

Vorder- und Rückseite: UWM

bmbf.de



Double-Membion – Membranbioreaktor mit Doppeldecker-Hohlfaser-Membranfiltern

KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Bei der Abwasserbehandlung kommen in den letzten Jahren vermehrt Membranfilter in sogenannten Membran-Bioreaktoren (MBR) zum Einsatz. Ihre Reinigungsleistung ist sehr gut und sie benötigen weniger Platz als konventionelle biologische Kläranlagen. Der Energiebedarf für MBR-Anlagen ist allerdings hoch: Die Membranfilter müssen mithilfe von Luft gespült werden, um nicht zu verstopfen. Die Firma Membion hat einen neuen Membranfilter entwickelt, der mit wesentlich weniger Belüftungsenergie als bislang auskommt. Diesen Vorteil wollen die Beteiligten des Verbundprojektes Double-Membion mit der Weiterentwicklung des Membranfilters zu einem Modulsystem mit gestapelter Bauweise – ein sogenanntes Doppeldecker-System – noch ausbauen. Das neue Produkt stellt dann eine energiesparende Alternative zu bestehenden Doppeldecker-Systemen dar. Damit soll die MBR-Technologie für immer mehr Kläranlagen auch wirtschaftlich attraktiv werden.

Mit Doppeldecker-Design die Luft besser ausnutzen

Ein Membranbioreaktor (MBR) ist ein Abwasserbehandlungsverfahren, das Membranfiltration mit biologischer Behandlung kombiniert. Dabei wird das Membranmodul häufig direkt in das Belebungsbecken der Kläranlage eingetaucht. Die Membranen stellen eine Barriere dar und können so auch Mikroplastik, antibiotikaresistente Bakterien und andere Krankheitserreger wirksam aus dem Abwasser filtern. MBR kommen sowohl im kommunalen als auch im industriellen Bereich zum Einsatz, zum Beispiel in der Lebensmittel- und Papierindustrie. Bei den eingesetzten Filtern unterscheidet man grundsätzlich zwischen zwei Typen: Hohlfaser- oder Plattenmodule. Hohlfasermodule bestehen aus dünnen Membranröhrchen; sie sind kompakter und benötigen weniger Energie für die Membranspülung als flache Plattenmodule. Deren Vorteil ist wiederum, dass sie mit Abwasser klarkommen, das nicht so intensiv vorbehandelt werden muss wie für Hohlfasermembranen.

Um den höheren Energieverbrauch teilweise zu kompensieren, werden Plattenmodule häufig übereinander in sogenannten Doppeldecker-Systemen installiert. Bislang funktionierte dies nur bei dieser Modulbauform, da sie durch ein seitlich begrenzendes Gehäuse die Luft im System hält. Die Beteiligten des Verbundprojektes Double-Membion wollen das Doppeldecker-Prinzip nun erstmals auf ein neuentwickeltes Hohlfaser-Membranmodul übertragen, das dann besonders energieeffizient belüftet werden kann.

Vom Pilotversuch zum Praxisbetrieb

Die Forschenden nutzen für ihr Vorhaben ein neuartiges vom Projektkoordinator entwickeltes Hohlfasersystem, das die Vorteile der beiden Modulbauformen vereint. Mit nur geringer Vorbehandlung des Abwassers benötigen diese Membranfilter auch im Vergleich zu konventionellen Hohlfasermodulen deutlich weniger Energie für die



Pilotanlage für Membion-Doppeldecker-Hohlfasermodule auf der Kläranlage Konzen (Eifel)

Belüftung. Grund für den geringeren Energiebedarf ist ein neues Belüftungssystem für das Hohlfasermodul, das auf der sogenannten JetSplash-Technologie basiert: Dabei wird Luft in einen Behälter am unteren Ende des Moduls eingeblasen. Wenn dieser voll ist, entleert er sich schlagartig. Der beschleunigte Luftwirbel sorgt für kurze Reinigungsimpulse, die die Membranen effektiver als die übliche gleichmäßige Belüftung reinigen können. Die neuen Hohlfaser-Membranfilter werden zudem seitlich durch Rohre begrenzt; das hält die Luft im System, so dass sich jeweils zwei Moduleinheiten übereinander als Doppeldecker anordnen lassen und damit kompatibel zu den vorhandenen Doppeldecker-Plattenmodulsystemen werden.

Im ersten Schritt optimieren die Projektbeteiligten das Doppeldecker-Design der neuen Hohlfasermodule im Pilotmaßstab. Der Praxistest im großtechnischen Maßstab erfolgt anschließend auf der Kläranlage in Konzen (Eifel). Hierbei handelt es sich um eine MBR-Anlage mit acht Membranstraßen. In einer der Straßen sollen die vorhandenen Doppeldecker-Plattenmembranmodule durch die zu entwickelnden Doppeldecker-Hohlfasermodule ersetzt werden. Die Projektbeteiligten rechnen damit, durch den Austausch der Membranmodule bis zu 90 Prozent Belüftungsenergie einsparen zu können. Bei einer kompletten Umrüstung auf die neue Doppeldecker-Technik ließe sich der Gesamtstromverbrauch auf der Kläranlage damit um circa 50 Prozent reduzieren.

Neuanlagen- und Ersatzgeschäft

MBR-Anlagen sind weltweit auf dem Vormarsch. Studien zufolge wächst der Markt jährlich mit knapp zehn Prozent. Für Kläranlagenbetreiber besonders attraktiv sind dabei energieeffiziente Membransysteme, wie sie im Verbundprojekt Double-Membion entwickelt werden, da sie sich positiv auf die Kosten auswirken und einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Als zu Doppeldecker-Plattmodulen kompatibles System können die Double-Membion Produkte diese in bestehenden Anlagen ersetzen. Somit ergeben sich nicht nur im Bereich der neuen Anlagen, sondern auch im Ersatzgeschäft große Marktchancen.

Fördermaßnahme

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

Projekttitel

Double-Membion – Membranbioreaktor mit Doppeldecker-Hohlfaser-Membranfiltern

Laufzeit

01.09.2020 – 31.08.2022

Förderkennzeichen

02WQ1549A-C

Fördervolumen des Verbundprojektes

670.338 Euro

Kontakt

Membion GmbH
Dr.-Ing. Klaus Vossenkaul
Schwerzfelderstraße 33
52159 Roetgen
Telefon: +49 (0) 2471 135600
E-Mail: klaus.vossenkaul@membion.com

Projektpartner

RWTH Aachen, Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Aachen
Wasserverband-Eifel-Rur, Düren

Internet

membion.com

Herausgeber

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

Stand

Juli 2021

Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Redaktion und Gestaltung

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Bildnachweise

Membion GmbH

bmbf.de



KIESDETEKTION – Methodenentwicklung für eine nachhaltige Nutzung von Sand- und Kieslagerstätten in Baggerseen

KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Sand und Kies sind nach Wasser die am meisten verbrauchten Rohstoffe. Bei ihrer Gewinnung in Baggerseen fallen feinkörnige Waschschlämme an, die sich in teils meterhohen Schichten auf dem Seegrund ablagern. Die Sedimentschichten behindern die Erschließung tieferer Kiesvorkommen, sodass vorhandene Ressourcen nicht vollständig abgebaut werden können. Um noch nutzbare Sand- und Kiesschichten besser zu erkennen, erproben die Beteiligten des Verbundprojektes KIESDETEKTION speziell an die Verhältnisse in Baggerseen angepasste Tiefbohrverfahren und seismische Messungen mit Schallwellen. Sie dienen als Basis für präzise 3D-Modelle der Sedimente und ermöglichen so eine verbesserte Planung des Abbaus mit positiven Folgen für den Gewässerschutz.

Bescheid wissen und besser nutzen

Die Nachfrage nach Sand und Kies steigt durch den anhaltenden Bau-Boom stetig. Der Abbau dieser Rohstoffe steht jedoch häufig in Konflikt mit dem Natur- und Gewässerschutz. Insbesondere beim sogenannten Nassabbau in Baggerseen werden Grundwasservorkommen freigelegt. Fehlt die schützende Bodenschicht, könnte das Grundwasser verschmutzt werden – etwa durch Bakterien oder Schadstoffe, die von außen eindringen. Erweiterungen bestehender oder die Erschließung neuer Sand- und Kieslagerstätten unterliegen somit langwierigen Genehmigungsverfahren oder sind aufgrund von Nutzungskonflikten oft gar nicht möglich.

Der Ansatz des Verbundprojektes KIESDETEKTION ist es daher, die Rohstoffe aus bisher ungenutzten Sand- und Kiesschichten in bestehenden Baggerseen zu gewinnen. Problem hierbei: Tief im See liegende Vorkommen werden häufig von mächtigen Schichten aus feinen Waschschlammsedimenten überdeckt und können nicht zuverlässig geortet werden. Das KIESDETEKTION-Team arbeitet daher an neuen Erkundungsverfahren; sie kombinieren hierfür seismische Aufnahmen, die den Seeuntergrund mittels Schallwellen untersuchen, mit Tiefenbohrungen bis in die Kiesschicht des Sees. Als Produkt wollen sie eine dreidimensionale Kartierung der Sedimente entwickeln, die noch abbauwürdige Sand- und Kiesschichten visualisiert. Damit hätten Kiesgrubenbetreiber eine Grundlage, um Ressourcen künftig kostengünstiger und gewässerschonender zu erschließen.

Bestehende Methoden weitergedacht

Um die Sedimentlagen präzise zu erfassen, führen die Forschenden Drohnen-gestützte, engmaschige seismische Messungen in einem Baggersee durch. Das Prinzip der Seismik ist vergleichbar mit dem Echolot auf Schiffen, das die Wassertiefe mithilfe von ausgesendeten Schallwellen elektroakustisch misst. Als Sedimentecholot wird ein sogenanntes parametrisches Echolot verwendet. Dessen Schallwellen können sehr tief in den See eindringen und die Schichtung wiedergeben. Das Drohnenboot als Träger des Echolots ist in der Lage, enge Peillinien abzufahren. Die Forschenden erproben Abstände zwischen einem und zehn Metern, um aus den seismischen Datensätzen hochgenaue Schichtinformationen zu gewinnen, die auf die vorhandenen Ressourcen schließen lassen.



Bohrplattform und Beiboot mit zusätzlicher Ausrüstung: Mit Tiefenbohrungen wollen die Forschenden gemessene Daten überprüfen.

Die seismischen Echolotdaten werden mit Sedimentproben abgeglichen. Dazu entnimmt das Projektteam mithilfe einer kleinen, mobilen Bohrplattform und einem Hochpräzisions-Kernstechgerät Sedimentkerne. Ziel ist es, die gesamte Schlammschicht zu beproben und die Kiesoberkante zu erreichen.

Im Labor zerteilen die Forschenden die Sedimentkerne in Schichten und untersuchen deren physikalische und chemische Eigenschaften. Darauf basierend berechnen sie die Schallgeschwindigkeiten der verschiedenen Sedimente, was eine Korrektur der seismischen Daten ermöglicht. Die Schichtinformationen und die seismischen Messungen werden als Trainingsdaten für Algorithmen des Maschinellen Lernens (ML) genutzt. ML-Methoden sollen helfen, Schallmuster zu identifizieren, die dann als Basis für eine automatisierte Bestimmung von Sedimentschichten dienen können und so in Zukunft kostengünstigere Untersuchungen ermöglichen. Im nächsten Schritt fließen die kombinierten Daten aus Echolotmessungen und Tiefenbohrungen in ein 3D-Untergrundmodell ein.



Forschende entnehmen in 35 Meter Tiefe einen Sedimentkern aus der vier bis sechs Meter dicken Feinsedimentschicht

Eine Chance für die gesamte Branche

Alleine am Oberrhein zwischen Basel und Bingen befinden sich über 70 aktive Baggerseen. Weitere wichtige Abbaugelände befinden sich am Niederrhein und im Alpenvorland. Viele dieser Baggerseen haben oder werden in Zukunft Probleme mit der Ablagerung von Waschschlämmen haben. Verbesserte Erkundungsmethoden und die Darstellung von Sand- und Kiesvorkommen in einem 3D-Sedimentmodell können für Baggerseebetreiber in ganz Deutschland eine Chance sein, den Betrieb langfristig zu sichern und nachhaltige Nutzungskonzepte zu erarbeiten.

Fördermaßnahme

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

Projekttitle

Methodenentwicklung für eine nachhaltige Nutzung von Sand- und Kieslagerstätten in Baggerseen (KIESEDETEKTION)

Laufzeit

01.03.2021 – 28.02.2023

Förderkennzeichen

02WQ1575A

Fördervolumen des Verbundprojektes

426.109 Euro

Kontakt

Limknow GmbH & Co. KG
Dr. Stephan Hilgert
Dessauer Straße 3
76139 Karlsruhe
Telefon: +49 (0) 179 7754825
E-Mail: hilgert@limknow.de

Projektpartner

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe
Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (IPF)
Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Abteilung Baustoffe und Betonbau mit der Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (IMB/MPA)

Internet

limknow.de/de/forschung-kmu-innovativ-kiesdetektion/

Herausgeber

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

Stand

Juli 2021

Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Redaktion und Gestaltung

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Bildnachweise

Vorder- und Rückseite: S. Hilgert

bmbf.de



ReMeersalzVO – Robuste und energiesparende Meerwasserentsalzung durch kontinuierliche Vorwärtsosmose

KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Wasser ist in vielen Regionen der Erde knapp. Der Bedarf an Trink-, Brauch- und Bewässerungswasser wird dort häufig mit entsalztem Meerwasser gedeckt. Doch die derzeitig führenden Entsalzungstechnologien sind sehr energieaufwändig und anfällig für Beläge und Verstopfungen. Die Beteiligten des Verbundprojektes ReMeersalzVO wollen mit einem neuen Ansatz eine kostengünstige und robuste Alternative schaffen. Sie nutzen hierfür das Prinzip des osmotischen Drucks, einem in der Natur weit verbreiteten Vorgang.

Triebkraft: osmotischer Druck

Eine der stärksten Triebkräfte für Austausch, Transport und Filterung von Flüssigkeiten in der Natur ist der osmotische Druck. Darunter versteht man die Kraft, mit der ein Lösungsmittel durch eine einseitig durchgängige (semi-permeable) Membran von einer niedriger konzentrierten in eine höher konzentrierte Lösung hineingezogen wird, so lange bis ein Konzentrationsausgleich stattgefunden hat. Dieser natürliche Prozess wird technisch in der Vorwärtsosmose genutzt, einem molekularen Trennverfahren der Membrantechnik. Sie ist somit sehr energieeffizient im Gegensatz zu anderen Membranverfahren wie der Umkehrosmose, die aktuell zu den gängigsten Technologien in der Meerwasserentsalzung zählt. Ebenso tritt ein sonst übliches Verstopfen und Verkeimen der Membranen kaum noch auf.

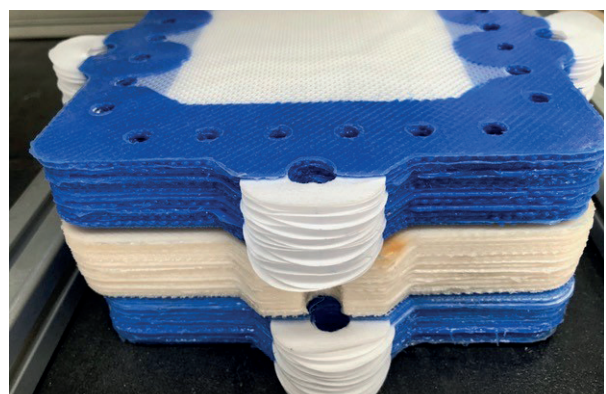
Trotz ihrer Vorteile hat sich die Vorwärtsosmose in der Praxis jedoch bislang nicht durchgesetzt. Als Zuglösung für das Wasser dient in der Regel eine hochkonzentrierte Salzlösung, die nach dem Konzentrationsausgleich ersetzt oder wieder aufkonzentriert werden muss. Dies verhinderte bislang einen wirtschaftlichen Betrieb des Verfahrens bei industriellen Anwendungen wie der Meerwasserentsalzung.

Dieses Problem will das Verbundprojekt ReMeersalzVO mit einer weiterentwickelten Vorwärtsosmose beheben, die mit einem Recycling der Zuglösung kombiniert wird. Kernelement ist ein selbstregenerierender Ionenaustauscher. Dieser ermöglicht einen unterbrechungsfreien Prozess und somit wirtschaftlichen Betrieb bei der Entsalzung.

Fortlaufender Prozess durch Recycling

Das neue Verfahren baut auf einer unter dem Namen VosMionX patentierten Grundlagentechnologie auf. Für das Recycling der Zuglösung nach der Vorwärtsosmose koppelt diese einen Ionenaustauscher mit einer Nanofiltration - das heißt einen chemischen mit einem mechanischen Vorgang. Die Nanofiltration ist notwendig, um Wasser und Zuglösung voneinander zu trennen und so dem Ionenaustauscher die wiederaufkonzentrierte Zuglösung für ein Recycling zuzuführen. Ionenaustauscher nehmen gelöste Ionen einer Ladung (positiv oder negativ) auf und geben eine entsprechende Menge anderer Ionen gleicher Ladung ab. Dabei werden schwach bindende Ionen von stärker bindenden Ionen (mit höherer Ladung bzw. mit größerem Radius) ersetzt. Durch eine Umkehr der Austauschreaktion kann der Ionenaustauscher regeneriert werden.

Um das kombinierte Vorwärtsosmose-/Recyclingverfahren an die Bedürfnisse der Meerwasserentsalzung anpassen, nutzt das Projektteam in ReMeersalzVO Zuglösungen auf



Stapel mit Membranen für die Vorwärtsosmose

Basis von Natriumchlorid (NaCl) oder Kaliumchlorid (KCl). Dabei gelangt die durch die Vorwärtsosmose verdünnte Zuglösung in den Ionenaustauscher, der deren einwertige Ionen gegen zweiwertige Ionen, zum Beispiel Magnesiumsulfat (MgSO₄) austauscht. Diese können in der nachfolgenden Nanofiltration besser zurückgehalten und somit als Konzentrat wieder in den Ionenaustauscher zurückgeführt werden. Dort findet ein Rücktausch der zweiwertigen gegen einwertige Ionen statt. Das zurückgetauschte Konzentrat fließt als Lösung einwertiger Ionen wieder in das Vorwärtsosmose-Modul. Eine spezielle Gestaltung der Säulenkammern und der Prozessphasen im Ionenaustauscher sorgt für einen unterbrechungsfreien Betrieb. Der Ionenaustauscher kommt ohne Chemikalien aus, nur die Zuglösung muss minimal nachdosiert werden. Durch den drucklosen Betrieb der Vorwärtsosmose sollen Ablagerungen an den Membranen und somit Verstopfungen oder ein Verkeimen vermieden werden.

Für den Praxistest entwickeln die Projektbeteiligten Anlagenmodule, die sie zunächst im Labor erproben und anschließend im größeren Maßstab als Pilotanlage umsetzen. Die als mobile Einheit konstruierte Pilotanlage soll an verschiedene Küstenstandorte in Europa transportiert werden und dort zeigen, wie sie mit den jeweiligen Meerwasserqualitäten, -inhaltsstoffen und Verunreinigungen zurechtkommt.



Eine mobile Pilotanlage soll an verschiedenen Küstenstandorten erprobt werden

Marktchancen im In- und Ausland

Im Erfolgsfall wollen die Beteiligten des Verbundprojektes ReMeersalzVO Anlagen und Module für die Meerwasserentsalzung mit der neuen Vorwärtsosmosetechnologie produzieren und vertreiben sowie damit zusammenhängende Dienstleistungen anbieten. Als Zielmarkt in Deutschland haben sie vor allem Schiffsbauer- und -ausstatter sowie Wasserversorger in küstennahen Regionen und Inseln im Blick. Kurz- und mittelfristig noch deutlich größer ist das Potenzial in anderen Regionen der Welt, z. B. Asien.

Fördermaßnahme

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

Projekttitel

Robuste und energiesparende Meerwasserentsalzung durch kontinuierliche Vorwärtsosmose (ReMeersalzVO)

Förderkennzeichen

02WQ1536 A-C

Laufzeit

01.12.2019 – 31.11.2021

Fördervolumen des Verbundprojektes

809.336 Euro

Kontakt

Dr. Dieter Mauer
MionTec GmbH
Ernst-Bloch-Str. 8
51377 Leverkusen
Tel.: +49 (0)2171-39563-0
Email: dieter.mauer@miontec.de

Projektpartner

Deukum GmbH, Frickenhausen
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Dresden

Internet

miontec.de

Herausgeber

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

Stand

Juni 2021

Text

Projektträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Gestaltung und Redaktion

Projektträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Bildnachweise

Vorder- und Rückseite: MionTec GmbH