

AtWaPlas – Aufbereitung und Rückgewinnung PFAS-belasteter Wässer mittels Atmosphären-Wasserplasma-Behandlung

KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) stellen ein Risiko für Mensch und Umwelt dar. Durch zahlreiche Anwendungen in der Industrie – etwa in Löschmitteln oder zur Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoffen – gelangten und gelangen die teils äußerst mobilen Schadstoffe ins Grundwasser. Sanierungen mit Entnahme und Reinigung des Grundwassers sind zurzeit sehr aufwändig und kostspielig, weil herkömmliche Reinigungsverfahren eine sehr geringe Wirkung in Bezug auf PFAS haben. Die Beteiligten des Verbundprojektes AtWaPlas entwickeln ein neues Verfahren, das Plasmatechnologie nutzt, um PFAS effektiv aus Grund-, Sicker- und Waschwasser zu entfernen.

Grenzen konventioneller Wasserreinigung

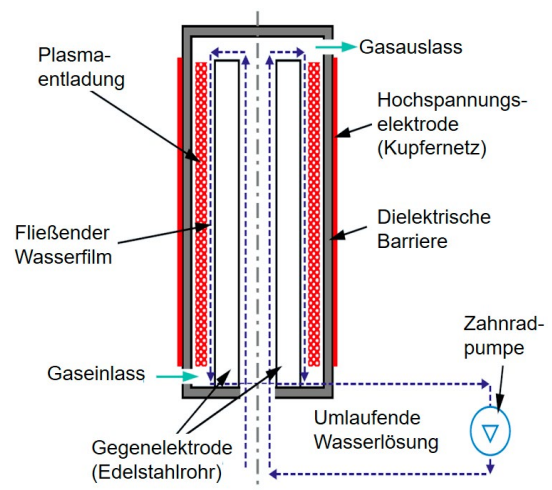
PFAS-Verschmutzungen im Wasser werden derzeit mit Sanierungsmethoden wie Aktivkohleabsorption, Ionenaustausch, Flockung, Membranverfahren und erweiterten Oxidationsprozessen behandelt. Damit gelingt es allerdings nicht, die Schadstoffe restlos zu eliminieren. Zudem sind die eingesetzten Filtermaterialien und chemischen Zusätze nach dem Reinigungsprozess selbst Gefahrstoffe, die fachgerecht entsorgt oder aufbereitet werden müssen. Da PFAS kaum chemisch und biologisch abbaubar sind, bereiten die Schadstoffe darüber hinaus auf Deponien und in Kläranlagen Probleme. Mit einem neuen Ansatz gehen die Beteiligten des Verbundprojektes AtWaPlas gegen PFAS in Wässern vor: Sie entwickeln ein Plasmaverfahren, um diese umweltschonend und kostengünstig zu beseitigen.

Das PFAS-Problem endgültig lösen

Plasma entsteht, indem man einem Gas so viel Energie zuführt, dass eine kritische Anzahl von Elektronen die Atomhüllen verlässt. Das Ergebnis ist ein ionisiertes Gas, das aus einem Gemisch von Ionen, Elektronen und neutralen Teilchen besteht. Plasma besitzt einige spezifische Eigenschaften; unter anderem ist es elektrisch leitend.

Im Projekt AtWaPlas werden durch Anlegen einer Spannung aus der umgebenden Luft und dem Luftsauerstoff Ionen, hochreaktive Radikale und kurzweilige Strahlung gebildet. Diese sind in der Lage, die Abwasserinhaltsstoffe abzubauen. Damit entfällt der Einsatz von zusätzlichen Chemikalien und deren Entsorgung.

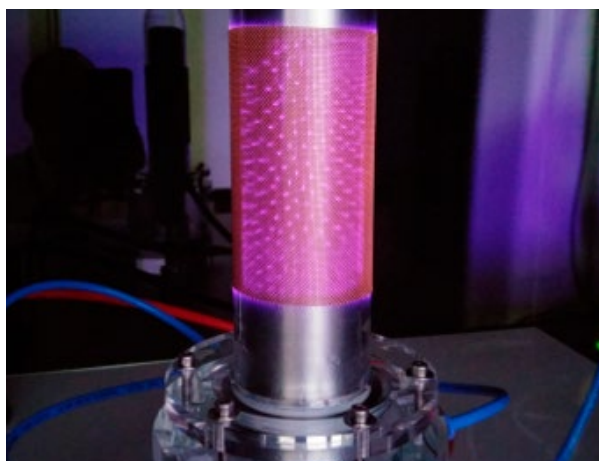
Die Wirksamkeit des Verfahrens hängt davon ab, wie gut die im Plasma gebildeten hochreaktiven Teilchen und die Plasmastrahlung in das belastete Wasser übertragen werden. Um diesen Prozess zu optimieren, bringen die Forschenden das Plasma in direkten Kontakt mit dem Wasser. Dazu wird das Wasser in einem Plasmareaktor nach oben gepumpt. Durch die Schwerkraft fließt es über eine Elektrode außen in einen Auffangbehälter. Das Plasma bildet sich dabei zwischen der Wasseroberfläche und einer Gegenelektrode, die sich außerhalb des Reaktors befindet. Im Plasma entstehen unter anderem Hydroxyl-Radikale, die in das Wasser übertreten, die dort gelösten Schadstoffe oxidieren und sie so zersetzen. Weitere Radikale im Wasser bilden sich zudem infolge der ebenfalls im Plasma erzeugten kurzweiligen UV-Strahlung.



Schematischer Aufbau eines Plasmareaktors zur Wasserbehandlung unter Atmosphärendruck

Ein weiterer Vorteil des Verfahrens ist, dass die behandelte Wasseroberfläche ständig erneuert wird. Glaskomponenten der Strahlungsquellen verschmutzen nicht, sodass die Systeme immer effizient arbeiten können.

Die Forschenden nutzen reale Proben von PFAS-verunreinigten Gewässern aus Nordrhein-Westfalen, um die Wirksamkeit der in AtWaPlas entwickelten Methode im Labor zu testen. Der Vergleich von Wasseranalysen, die vor und nach der Behandlung durchgeführt werden, zeigt wie gut der plasmachemische Abbau der Schadstoffe funktioniert und wie sich dies auf Grundwasserinhaltsstoffe und -eigenschaften auswirkt. Darüber hinaus überprüfen die Projektbeteiligten die Methode auch auf ihre Wirtschaftlichkeit. Sollte sich die PFAS-Behandlung als wirksam und kosteneffizient erweisen, ist die Entwicklung eines Plasmareaktor-Prototyps geplant.



Wasserplasma im Labormaßstab, getestet für den Abbau von Wasserverunreinigungen

PFAS und darüber hinaus

Die Zahl der bereits heute bekannten und der vermuteten PFAS-Schadensfälle alleine in Deutschland ist beträchtlich. Mit der AtWaPlas-Behandlung stünde im Erfolgsfall erstmals ein praktikables und kostengünstiges Verfahren zur dauerhaften Sanierung der oft großflächigen Verschmutzungen in Wässern und Böden zur Verfügung. Darüber hinaus bestehen auch Anwendungsmöglichkeiten des Plasmaverfahrens in anderen Bereichen der Wassersanierung und -aufbereitung: etwa bei der Behandlung von Uferfiltrat zur Trinkwassergewinnung, der Reinigung von Grubenwässern und Industrieabwässern oder in Kläranlagen.

Fördermaßnahme

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

Projekttitel

Aufbereitung und Rückgewinnung PFAS-belasteter Wässer mittels Atmosphären-Wasserplasma-Behandlung (AtWaPlas)

Laufzeit

01.07.2021 – 30.06.2023

Förderkennzeichen

02WQ1601A-B

Fördervolumen des Verbundprojektes

289.613 Euro

Kontakt

Dipl.-Geol. Hartwig Reisinger
HYDR.O. Geologen und Ingenieure GbR
Sigmundstraße 10-12
52070 Aachen
Telefon: +49 (0) 241 6090228
E-Mail: atwaplas@geoling.de

Projektpartner

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (FhIGB), Stuttgart

Internet

geoling.de/atwaplas/

Herausgeber

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

Stand

Dezember 2022

Text und Gestaltung

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Bildnachweise

Vorder- und Rückseite: Fraunhofer IGB



BeleMon – Entwicklung eines Systems mit in situ Sonde zum automatisierten Monitoring von Belebtschlamm zur Verbesserung der Abwasserklärung

KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

In Deutschland behandeln knapp 10.000 kommunale Kläranlagen etwa 10 Milliarden Kubikmeter Abwasser jährlich. Dabei kommt überwiegend das biologische Belebtschlammverfahren zum Einsatz. Es reinigt das verschmutzte Wasser mithilfe von Mikroorganismen, wie zum Beispiel Bakterien oder Pilzen. Sie bilden den sogenannten Belebtschlamm. Seine Zusammensetzung ist ein zentrales Kriterium für die Effizienz des Belebtschlammverfahrens und muss somit regelmäßig kontrolliert werden. Die Beteiligten des Verbundprojektes BeleMon entwickeln eine Sonde, die die Struktur des Belebtschlammes automatisch direkt im Klärbecken überwacht. So können Prozessstörungen wesentlich schneller als bisher entdeckt und behoben werden.

Frühwarnsystem im Becken

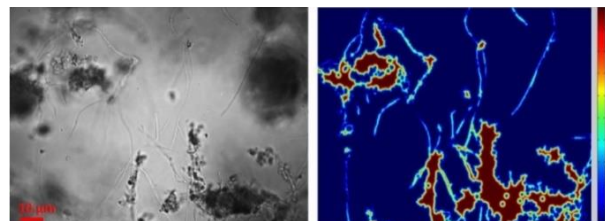
Das Belebtschlammverfahren ist die am häufigsten eingesetzte Methode zur biologischen Abwasserreinigung. Belebtschlamm besteht aus flockenartigen Ansammlungen von Mikroorganismen. Sie reduzieren nicht nur organische Verschmutzungen, sondern auch potenziell krankheitsauslösende Bakterien und Pilze. Am Ende der Reinigung setzt sich der Schlamm am Boden der Nachklärbecken ab. Damit das Verfahren gut funktioniert, muss der Belebtschlamm eine bestimmte Zusammensetzung aufweisen. Bei ungünstiger Dichte oder zu geringer Größe der Flocken treibt der Schlamm auf – ein Phänomen, das als „Schwimmschlamm“ bezeichnet wird – oder schwebt im ansonsten gereinigten Wasser als sogenannter „Blähschlamm“. Verursacht wird dies vor allem durch das massenhafte Auftreten bestimmter fadenförmiger Bakterien. Sie erschweren unter bestimmten Bedingungen die Bildung abtrennbarer Flocken. Zudem überwachsen und verdrängen sie andere Organismen.

Eine ungünstige Zusammensetzung des Schlammes führt zu erheblichen Prozessproblemen und hohen Folgekosten: Einerseits treibt der Schlamm aus der Kläranlage ins Gewässer und verunreinigt dieses. Andererseits verliert die Kläranlage durch weniger Schlamm mit schlechter Zusammensetzung einen Teil ihrer Biomasse und damit ihre Reinigungsleistung.

Eine Kontrolle der Schlammflocken auf ihre Zusammensetzung erfolgt bisher fast nur manuell mikroskopisch und mit wenigen Proben. Oft werden dabei Schlammpro-

ben entnommen, an ein externes Labor gegeben und dort ausgewertet. Die Ergebnisse fließen dann an die Kläranlage zurück. Mit wenigen und späten Daten verringern sich aber die Chancen, durch frühes Gegensteuern die Bildung von Schwimm- und Blähschlamm zu verringern oder gar zu vermeiden.

Das Verbundprojekt BeleMon will Abhilfe mit einem automatisierten Verfahren schaffen: Eine Mikroskop-Sonde, die direkt im Abwasserbecken eingesetzt werden kann, soll ohne Zeitverzug fortlaufend Bilddaten zur Schlammstruktur liefern. Der Bilddatenstrom wird in Echtzeit digital durch passende Algorithmen ausgewertet. Auf diese Weise kann ein vermehrtes Wachstum von Fadenbakterien frühzeitig erkannt und sofort gegengesteuert werden, bevor es zu Störungen im Reinigungsprozess kommt.



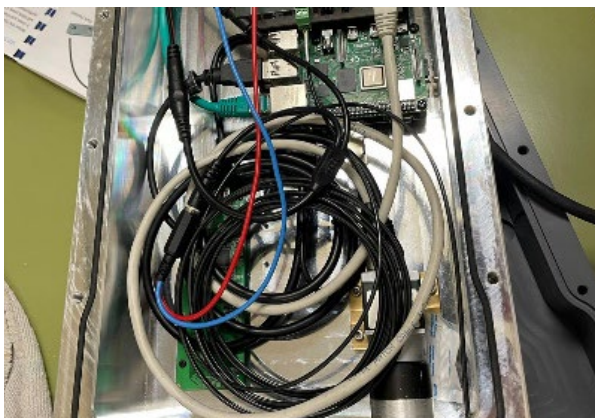
Bilder des im Belebtschlamm eingesetzten Suspensionsmikroskops. Links das Originalbild, rechts das Zwischenbild im Bildverarbeitungsalgorithmus

Robustes Gesamtsystem

Zur Umsetzung des Konzeptes entwickeln die Forschenden eine wasserdichte Tauchkapsel mit selbstreinigender Festkörperlinse. Sie dient als Fenster zum umgebenden Belebtschlamm. In die Kapsel integrieren die Projektbeteiligten ein sogenanntes Suspensionsmikroskop. Es ist in der Lage, hochaufgelöste Bilder von Mikroorganismen in strömenden Flüssigkeiten zu erzeugen ohne die sonst in der Mikroskopie nötigen manuellen oder automatisierten Nachjustierungen. Die erzielte Bildqualität des Suspensionsmikroskops ist vergleichbar mit der Bildqualität der konventionellen Labormikroskopie. Im BeleMon-Projekt kommt das Suspensionsmikroskop erstmals als in eine Tauchkapsel integriertes Gesamtsystem zum Einsatz, das kontinuierlich Bilddaten liefert, und zwar „live“ aus der rauen Umgebung des Belebtschlammes im Klärwerk. Neu ist auch, dass zur Bewertung der Daten künstliche Intelligenz angewendet wird, die die Struktur der Schlammflocken charakterisiert.

Stabile Prozesse, geringere Kosten

Die automatisierte Überwachung von Schlammflocken auf ihre Zusammensetzung im Belebtschlammbecken wird zu wesentlich stabileren Prozessen in der Abwasserbehandlung beitragen, Umweltbelastungen deutlich reduzieren und Kosten für externe Laboruntersuchungen einsparen. Da beinahe alle kommunalen sowie auch industriellen Kläranlagen in Deutschland und darüber hinaus das biologische Belebtschlammverfahren einsetzen, existiert eine sehr große Anzahl potenzieller Anwender für die neue BeleMon-Technologie.



Aufbau des Sondenprototyps in einem Gehäuse aus Aluminium

Fördermaßnahme

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

Projekttitel

Entwicklung eines Systems zum automatisierten Monitoring von Belebtschlamm in Klärwerken (BeleMon)

Laufzeit

01.10.2021 – 30.09.2023

Förderkennzeichen

02WQ1574A-B

Fördervolumen des Verbundprojektes

212.394 Euro

Kontakt

Dipl.-Ing. Peter Schubert
Hallstein Maschinenbau GmbH
Am Hinterrot 8
69502 Hemsbach
Telefon: +49 (0) 6201 845680
E-Mail: p.schubert@hallstein-maschinenbau.de

Projektpartner

Hochschule Mannheim, Mannheim

Internet

hallstein-maschinenbau.de

Herausgeber

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

Stand

Dezember 2022

Text und Gestaltung

Projektträger Karlsruhe (PTKA)

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Bildnachweise

Vorderseite: Hochschule Mannheim
Rückseite: Hallstein Maschinenbau GmbH



DeWaResT – Dezentrale Abwasserbehandlung und Wasserwiederverwendung für Regionen mit saisonalem Trockenstress

KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Der Klimawandel stellt die Bewirtschaftung von Wasserressourcen vor neue Herausforderungen. Gerade in niederschlagsarmen Regionen wie Brandenburg müssen nachhaltige Lösungen entwickelt werden, um Grundwasserspiegel zu erhalten sowie Seen und Wälder langfristig zu schützen. Eine Möglichkeit ist, Abwasser direkt am Entstehungsort zu reinigen und wiederzuverwenden. Das Verbundprojekt DeWaResT entwickelt eine neuartige Pflanzenkläranlage, die Abwasser an jedem Standort in der jeweils erforderlichen Wasserqualität reinigt und damit eine dezentrale Wasserwiederverwendung ohne Risiko ermöglicht.

Besondere Anforderungen im Naturschutzgebiet

Im Naturschutzgebiet Halbinsel Pehlitzwerder am Parsteiner See nordöstlich von Berlin haben stark sinkende Grundwasserspiegel und Wasserstände bereits zu erkennbaren Trockenschäden an Bäumen geführt. Für das Gebiet wird daher ein Konzept zur nachhaltigen Wasserbewirtschaftung entwickelt. Dazu gehört auch, dass künftig Abwässer des auf der Halbinsel befindlichen Natur-Campingplatzes dezentral behandelt und wiederverwendet werden sollen. Dessen Abwässer werden derzeit in abflusslosen Gruben gesammelt und mittels Tankwagen entsorgt. Ein Anschluss an das öffentliche Kanalsystem ist nicht wirtschaftlich und daher nicht vorgesehen.

Das Verbundprojekt DeWaResT entwickelt ein kompaktes naturnahes Verfahren, das die Abwässer des Campingplatzes mit bepflanzten Bodenfiltern zu qualitativ hochwertigem Bewässerungswasser aufbereitet. Durch die Lage im Naturschutzgebiet muss das neue Verfahren besonders hohe Anforderungen erfüllen. Das bedeutet, dass die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor weitgehend aus dem Abwasser entfernt werden sollen und dieses zusätzlich desinfiziert werden muss. In einer gesonderten Stufe wollen die Projektbeteiligten darüber hinaus von Menschen eingetragene Spurenstoffe, das heißt überwiegend Medikamentenrückstände und hormonell wirksame Substanzen, reduzieren. Damit können die Forschenden die Nachteile und Risiken von dezentralen Kleinkläranlagen gegenüber den größeren, kommunalen Kläranlagen ausgleichen.

Gestapelte Bodenfilterschichten

Herzstück des DeWaResT-Verfahrens ist ein bepflanzter Bodenfilter. Er eignet sich aufgrund des hohen Puffervermögens, das stark schwankende Abwassermengen und Schadstoffeinträge verkraften kann, besonders zur Abwasserbehandlung des saisonal betriebenen Campingplatzes. Das Verfahren greift bekannten Prinzipien in der Abwassertechnik auf und kombiniert diese neu. Dabei fassen die Projektbeteiligten zwei separate Behandlungsschritte in einer Stufe zusammen, indem sie einen bepflanzten und einen unbepflanzten, belüfteten Filter vertikal übereinanderschichten. Eine Vorklärung ist somit nicht notwendig. Der Flächenbedarf für die Bodenfilter kann im Vergleich zu herkömmlichen Varianten um fast die Hälfte reduziert werden. Möglich wird dies durch die Auswahl geeigneter Filtermaterialien in Kombination mit einer aktiven Filterbelüftung.

Nach Durchlaufen des bepflanzten Filters ist bereits die Grundreinigung in Form einer Entschlammung und teilweise Kohlenstoffabbau erfolgt. Zur Stickstoffentfer-



Diese 350 Jahre alte Linde auf der Halbinsel Pehlitzwerder ist durch den zunehmenden Trockenstress gefährdet

nung wird der unbepflanzte untere Teil des Bodenfilters phasenweise belüftet und ein Teil des behandelten Abwassers im Kreislauf geführt. Am Bodenfilter erproben die Forschenden auch die gleichzeitige Fällung von Phosphor ohne zusätzliche Absetzstufe. Um das gereinigte Abwasser weitergehend zu desinfizieren, durchläuft es einen nachgeschalteten Langsandsandfilter und wird anschließend noch mit Aktivkohle behandelt.

Das neuentwickelte bepflanzte Bodenfiltersystem erproben die Projektbeteiligten mit einer Pilotanlage auf dem Campingplatz Pehlitzwerder. Diese erlaubt es, die optimale Konfiguration hinsichtlich Bepflanzung, Filteraufbau, Aufenthaltszeiten, Sauerstoffbedarf und Kreislaufführung zu ermitteln. Für die Forschung am entlegenen Standort ist die Versuchsanlage mit einer eigens entwickelten Fernüberwachung und mit programmierbaren automatischen Probenehmern ausgestattet. Die saisonal betriebene Pilotanlage vergleichen die Forschenden mit dem ganzjährigen Betrieb einer Pflanzenkläranlage an einem Wohnhaus.

Abwasser aufbereiten statt entsorgen

Das Verbundprojekt DeWaResT entwickelt eine besonders kompakte und leistungsfähige Kleinkläranlage mit mehrschichtigem bepflanztem Bodenfilter und integrierter Schlammbehandlung. Sie soll in der Lage sein, hohe Anforderungen mit einem einzigen Bodenfilterbecken zu erfüllen. Im Erfolgsfall lassen sich somit erstmalig vollwertige Containerpflanzenkläranlagen für den häuslichen Bereich produzieren. Das gereinigte Abwasser kann direkt vor Ort wiederverwendet werden. Das schont das Grundwasser, darüber hinaus kann auf Abwasserkanalisation oder eine mobile Abfuhr verzichtet werden. Ziel ist es, das Verfahren in das entsprechende technische Regelwerk aufzunehmen und eine einfache Genehmigungspraxis für die Abwasseraufbereitung und -verwertung zu ermöglichen.



Das Abwasser beim DeWaResT-Verfahren strömt zunächst vertikal durch eine bepflanzte Filterschicht. Dafür erproben die Forschenden verschiedene Filterpflanzen. Im Bild: Sumpf-Segge (*Carex acutiformis*) im Vergleich mit Schilfrohr (*Phragmites australis*)

Fördermaßnahme

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

Projekttitel

Dezentrale Abwasserbehandlung und Wasserwiederverwendung für Regionen mit saisonalem Trockenstress (DeWaResT)

Laufzeit

01.08.2021 – 31.01.2024

Förderkennzeichen

02WQ1596A-B

Fördervolumen des Verbundprojektes

494.751 Euro

Kontakt

Dipl.-Ing. Heribert Rustige
AKUT Umweltschutz Ingenieure
Burkard und Partner mbB
Wattstraße 10
13355 Berlin
Telefon: +49 (0) 30 814 54 60-0
E-Mail: rustige@akut-umwelt.de

Projektpartner

KWB Kompetenzzentrum Wasser gGmbH, Berlin

Internet

akut-umwelt.de

Herausgeber

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

Stand

November 2022

Text und Gestaltung

Projektträger Karlsruhe (PTKA)

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Bildnachweise

Vorderseite: Jörg Lehman, Naturfreunde/ Campinggemeinschaft Pehlitzwerder e.V. (N/CP)
Rückseite: AKUT Umweltschutz Ingenieure Burkard und Partner mbB



Fate-PFT – Fundierte Quellenidentifizierung und Abbaubewertung polyfluorierter Tenside (PFTs) im Wasserkreislauf mittels komponentenspezifischer Isotopenanalyse und diagnostischer Verhältnisse

KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) sind Industriechemikalien mit teils sehr problematischen Eigenschaften. Aufgrund ihrer Langlebigkeit und Toxizität stellt die Reinigung von PFAS-belasteten Grundwässern und Böden eine große Herausforderung dar. Umweltbehörden und Fachverbände fordern detaillierte Untersuchungsmethoden, um daraus effiziente Sanierungsstrategien abzuleiten. Die Beteiligten des Verbundvorhabens Fate-PFT entwickeln neuartige analytische Methoden, mit denen Schadstoffquellen identifiziert und der Abbau von PFAS bewertet werden können.

Langlebig, mobil, toxisch

Bei per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) handelt es sich um eine Untergruppe der organischen Fluorverbindungen. Neben der Bezeichnung PFAS werden häufig auch die Abkürzungen PFT für Perfluortenside und PFC für Per- und Polyfluorchemikalien genutzt. Aufgrund ihrer wasser-, fett- und schmutzabweisenden Eigenschaften werden sie in vielen Industriebereichen und auch im Haushalt eingesetzt. Sie sind zum Beispiel in der Beschichtung von Kaffeebechern und Outdoorjacken oder in Löschschäumen zu finden.



PFAS sind aufgrund ihrer wasserabweisenden Eigenschaften in vielen Textilien zu finden

PFAS sind chemisch und thermisch sehr stabil, gelten als äußerst langlebig und reichern sich deshalb in der Umwelt und in der Nahrungskette an. Eine Vielzahl an PFAS

sind für Mensch und Tier giftig und stehen im Verdacht, krebserregend zu sein. Das enorme Ausmaß großflächiger PFAS-Verunreinigungen ist in den letzten Jahren weltweit deutlich geworden. Umweltbehörden und Fachverbände fordern detaillierte, standortspezifische Untersuchungsmethoden als Grundlage für eine nachhaltige Sanierung. Das Verbundvorhaben Fate-PFT will neuartige Analyseverfahren entwickeln, um Schlüsselparameter zur Erkundung und Sanierung von PFAS-kontaminierten Standorten zu definieren.

Ein Methodenpaket als Basis für Sanierungsstrategien

Eine gängige Methode zur Kontrolle von Schadstoffabbauprozessen ist die Analyse stabiler Isotope. Isotope sind Atome eines Elements, die sich nur durch die Zahl der Neutronen unterscheiden. Die Mengen stabiler Isotope eines Atoms stehen in einem bestimmten Verhältnis zueinander, das analytisch bestimmt werden kann. Abbauprozesse bewirken, dass sich dieses Isotopenverhältnis verändert. In der Altlastenuntersuchung setzt man die Isotopenanalyse schon seit einigen Jahren für eine Vielzahl an organischen Schadstoffen ein. Für PFAS ist das Untersuchungsverfahren jedoch noch nicht beschrieben.

Neben der Bestimmung von Isotopenwerten können das Verteilungsmuster spezifischer PFAS-Verbindungen und daraus abgeleitete Mengenverhältnisse (sog. diagnostische Verhältnisse) zur Bewertung von Abbauprozessen verwendet werden. Und schließlich lässt sich ein PFAS-Abbau

auch anhand der identifizierten Abbauprodukte nachweisen.

Die Beteiligten von Fate-PFT wollen die Methoden zur Isotopenanalyse weiterentwickeln sowie Mengenverhältnisse bestimmter PFAS-Verbindungen ableiten und miteinander kombinieren. Ziel ist es, ein leistungsstarkes Untersuchungspaket zu schnüren. Es soll ermöglichen, den natürlichen oder chemisch eingeleiteten Abbau sowie die Herkunft von PFAS zu bestimmen – und zwar deutlich besser als bisherige, auf einfache Konzentrationsmessungen basierende Überwachungskonzepte dies derzeit leisten. Damit würde eine solide Entscheidungsbasis für Sanierungsstrategien zur Verfügung stehen.

Um Schlüsselparameter zur Erkundung und Sanierung von PFAS-kontaminierten Standorten zu definieren, untersuchen die Forschenden zahlreiche Proben aus Labortests und Feldstandorten mit den verschiedenen Analyseverfahren. Schlussendlich entsteht eine Datenbank mit Isotopenwerten und Mengenverhältnissen zur Bestimmung der Herkunft und des Abbaus von PFAS.



Die Isotopenanalyse erfolgt an einem Gaschromatographen gekoppelt mit einem Isotopenverhältnismassenspektrometer

Erfolgskontrolle für Reinigungsverfahren

Fate-PFT schafft neue labortechnische, analytische und datenbasierte Grundlagen für die Erarbeitung und den Erfolgsnachweis von Technologien im Bereich der PFAS-Grundwassersanierung. Spezifische Datenbanken zur abbaubedingten Veränderung von Isotopenwerten, zu isotopischen Fingerabdrücken und Mengenverhältnissen werden auch nach Projektende stetig ausgebaut. Anhand dieser neuartigen Informationen zum Schadstoffabbau können energie- und kosteneffiziente Reinigungsverfahren für PFAS-Verunreinigung wesentlich zügiger durchgeführt werden.

Fördermaßnahme

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

Projekttitel

Fundierte Quellenidentifizierung und Abbaubewertung polyfluorierter Tenside (PFTs) im Wasserkreislauf mittels komponentenspezifischer Isotopenanalyse und diagnostischer Verhältnisse (Fate-PFT)

Laufzeit

01.07.2021 – 31.12.2023

Förderkennzeichen

02WQ1598A-B

Fördervolumen des Verbundprojektes

453.317 Euro

Kontakt

Dr. Kevin Kuntze
Isodetect GmbH
Deutscher Platz 5b
04103 Leipzig
Telefon: +49 (0) 341 35535851
kuntze@isodetect.de

Projektpartner

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
GmbH (UFZ), Leipzig

Internet

isodetect.de

Herausgeber

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

Stand

November 2022

Text und Gestaltung

Projekträger Karlsruhe (PTKA)

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Bildnachweise

Vorderseite und Rückseite: Isodetect GmbH



KKAOnline – Reduktion von Umweltbelastungen aus Kleinkläranlagen (KKA) durch Onlinemonitoring mit digitalen Zwillingen für ein nachhaltiges Wasserressourcenmanagement

KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Kleinkläranlagen (KKA) kommen in der Regel dort zum Einsatz, wo zum Beispiel Einzelhäuser, kleinere Siedlungen, Berg- oder Schutzhütten nicht oder nur schwer an die zentrale Kanalisation und Abwasserbehandlung angebunden werden können. Die Anlagen müssen in regelmäßigen, meist halbjährlichen, Abständen gewartet werden, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Eine laufende Überwachung in Echtzeit ist aus technischen Gründen derzeit nicht möglich. So kann eine Störung teilweise erst mit erheblicher Zeitverzögerung erkannt werden. Die Beteiligten des Verbundprojektes KKAOnline entwickeln ein intelligentes System, das die Überwachung und Steuerung von Kleinkläranlagen stark vereinfacht und den Wartungsaufwand sowie die Gefahr von Umweltbelastungen durch Störfälle reduziert.

Digitaler Zwilling als Helfer

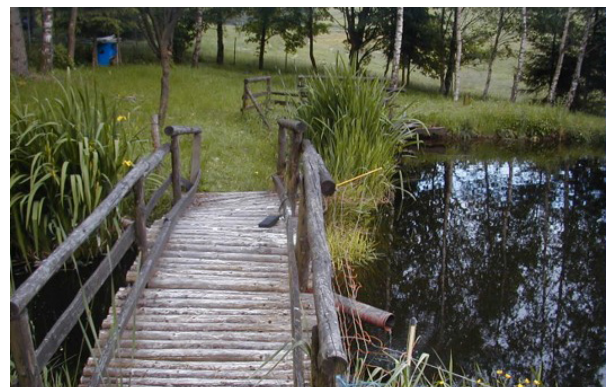
Kleinkläranlagen sind das Mittel der Wahl, um dezentral anfallendes Abwasser aufzubereiten. Sie reinigen in Deutschland circa 150 Millionen Kubikmeter Abwasser jährlich. Nach der Aufbereitung wird das Wasser wie bei einer großen Kläranlage direkt in ein Gewässer eingeleitet oder versickert. Gewartet werden die Anlagen meist im halbjährlichen Rhythmus. Die dadurch bedingten Überwachungslücken führen dazu, dass Störfälle im schlimmsten Fall erst sechs Monate später auffallen.

Dies hat zur Folge, dass das ablaufende Wasser Grenzwerte überschreiten kann oder gar komplett ungereinigt abfließt. Dadurch gelangen beispielsweise große Nährstoffmengen in die Gewässer, die ohne Gegenmaßnahmen dazu führen können, dass diese „umzukippen“ drohen; sie sind dann biologisch tot. Außerdem enthält ungereinigtes Abwasser eine Vielzahl an Keimen und Schadstoffen, wie Medikamentenrückstände oder Haushaltschemikalien. Neben dieser massiven Schädigung der Umwelt steigen mit fortgeschrittener Zeit der Störung auch die Wartungskosten enorm an.

Hier setzt das Verbundprojekt KKAOnline mit einem intelligenten Überwachungs- und Steuersystem an. Die Technologie kombiniert ein neuartiges Multisensoren- und Überwachungssystem mit einem sogenannten „digitalen Zwilling“, also einer digitalen Simulation der Kleinkläranlage.

Intelligent und effizient

Die Sensoren des intelligenten Steuersystems können abwasserrelevante Daten wie Temperatur, Druck oder Trübung in Echtzeit erfassen und den Betreibenden der Kleinkläranlage übermitteln. Für diese Einflussgrößen gibt es Bereiche, die dem Normalzustand einer gut funktionierenden Kleinkläranlage entsprechen. Um zu überprüfen, ob die aktuellen Werte innerhalb dieser Bereiche liegen, werden sie über das Internet an das Webportal der Betreibenden geschickt. So kann die Kleinkläranlage in Echtzeit überwacht und optimiert gesteuert werden. Mögliche Störungen fallen direkt auf. Liegen die gemessenen Überwachungswerte außerhalb der normalen Bereiche, kann der Betreibende unverzüglich die Wartung beauftragen.



Kleinkläranlagen leiten oft in umliegende Gewässer ein. Wenn Grenzwerte überschritten werden, leidet das Ökosystem.

Die eigentliche stetige Verbesserung der Kläranlagensteuerung erfolgt über den „digitalen Zwilling“. Durch eine Vielzahl an Simulationen, die die Forschenden im Vorfeld durchführen, lernt das Steuersystem, wie es die Anlage für jede Situation betreiben muss. Ihr Betrieb kann so unmittelbar an Temperatur, Abwasseranfall und -zusammensetzung angepasst werden. Das optimiert die Reinigungsleistung und senkt den Energieaufwand und damit die Betriebskosten.

Um Langzeitdaten für den Anlagenbetrieb zu erhalten, rüsten die Forschenden Kleinkläranlagen mit dem Überwachungs- und Steuersystem aus. Die gemessenen Daten werden genutzt, um das intelligente Steuersystem weiter zu verbessern. Zusätzlich werden Untersuchungen des optimierten Steuerungskonzeptes mit digitalem Zwilling an zwei Demonstrationsanlagen unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt. Ziel der Projektbeteiligten ist es, die Funktionstüchtigkeit und Wirtschaftlichkeit des Gesamtverfahrens nachzuweisen.

Für viele Kleinkläranlagen geeignet

Allein in Deutschland gibt es rund 1,7 Millionen Kleinkläranlagen, für die das neue Verfahrenskonzept interessant ist. Gerade in Einzugsgebieten empfindlicher Gewässer, in denen erhöhte Reinigungsanforderungen gelten, bietet das im Verbundprojekt KKAOnline entwickelte smarte Steuerungssystem erhebliche Vorteile gegenüber bisherigen Wartungskonzepten. Viele bestehende Kleinkläranlagen könnten mit dem System aufgerüstet und in die kontinuierliche Überwachung aufgenommen werden.



Beispiel einer Kleinkläranlagen-Steuerung, die mit dem KKAOnline-System ausgestattet werden kann.

Fördermaßnahme

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

Projekttitel

Reduktion von Umweltbelastungen aus Kleinkläranlagen durch Onlinemonitoring mit digitalen Zwillingen für ein nachhaltiges Wasserressourcenmanagement (KKAOnline)

Laufzeit

01.09.2022 – 31.08.2024

Förderkennzeichen

02WQ1637A-D

Fördervolumen des Verbundprojektes

672.961 Euro

Kontakt

Dr. Ruth Rau
Batchpur GmbH & Co KG
Wahlbacher Hof 1
57234 Wilnsdorf
Telefon: +49 (0) 2739 4109
E-Mail: ruth.rau@batchpur.de

Projektpartner

Bildungs- und Demonstrationszentrum Dezentrale Infrastruktur e.V., Leipzig
Institut für Automation und Kommunikation e.V., Magdeburg
Westtest Soft- und Hardware Dienstleistungs GmbH, Kassel

Internet

batchpur.com

Herausgeber

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

Stand

November 2022

Text und Gestaltung

Projekträger Karlsruhe (PTKA)

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Bildnachweise

Vorder- und Rückseite: Batchpur GmbH & Co KG



LABSKAUS – LABS-kontrollierendes Abwasser Überwachungs-System

KMU-innovativ: Ressourceneffizienz und Klimaschutz

Bei der Lackierung von Fahrzeugen werden aus Umweltgründen mittlerweile nach Möglichkeit wasserbasierte Lacksysteme verwendet. Autofabriken haben deshalb einen hohen Wasserbedarf. Er kann zumindest teilweise durch internes Wasserrecycling gedeckt werden. Hierbei müssen Qualitätskontrollen sicherstellen, dass keine Substanzen in den Lackierprozess gelangen, die die nachfolgende Autolackierung stören. Solche Stoffe werden als lackbenetzungsstörende Substanzen oder kurz LABS bezeichnet. Das Verbundprojekt LABSKAUS entwickelt einen automatisierten Wasser-Prüfstand, der mit einer laserbasierten Messtechnik LABS in aufbereiteten Industrieabwässern ermittelt. Der Prüfstand beprobt und analysiert verschiedene Wasserströme und entscheidet nach festgelegten Kriterien, ob sie für die Lackierung geeignet sind.

Kleine Mengen, große Schäden

Auf den ersten Blick bietet sich das betriebsinterne Recycling von Wasser aus der Fahrzeuglackierung als naheliegende, umweltbewusste Lösung an. Jedoch gibt es hohe Hürden in Sachen Qualitätssicherung zu überwinden. So etwa beim Stichwort „LABS“: Ein Sammelbegriff für lackbenetzungsstörende Substanzen. Darunter fallen beispielsweise Silikone. Befindet sich eine solche Substanz auf einer zu lackierenden Oberfläche, stört sie die Benetzung des Lacks an dieser Stelle. Beim Trocknen bilden sich Lackdefekte, sogenannte Krater.

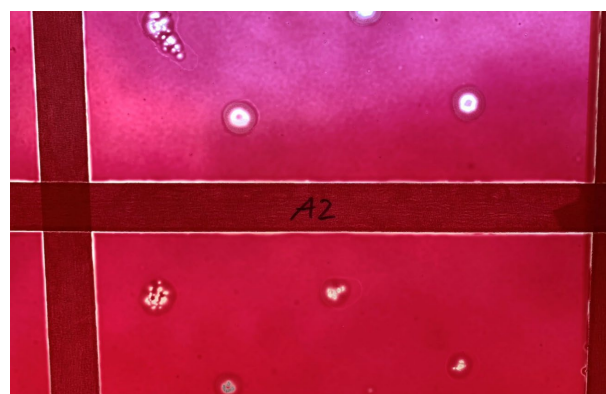
Die Qualitätssicherung der Lackierung muss daher sicherstellen, dass jegliche Rohstoffe und Ausrüstung, die in den Lackierprozess eingebracht werden, frei von LABS sind. Als Prüfmethode im Labor wird der zu untersuchende Stoff auf eine Glasplatte aufgetrocknet, diese dann lackiert und das Lackierergebnis visuell beurteilt. Selbst geringste Konzentrationen an LABS können zu Lackdefekten führen.

Diese Art der Probennahme und Analyse ist zwar sehr zuverlässig, jedoch auch relativ zeitaufwendig und für prozessintegrierte online Messungen daher weniger geeignet. Das Verbundprojekt LABSKAUS zielt darauf ab, einen automatisierten Prüfstand für aufbereitetes Abwasser zu entwickeln, mit dem schnelle Analysezeiten und eine sehr geringe Nachweisgrenze für Störstoffe erreicht werden können. Er soll in der Lage sein, Proben zu nehmen, zu präparieren und mit einem laser-optischen Verfahren zu analysieren.

LABS und LIBS

Da LABS keine klar abgegrenzte Stoffgruppe sind, sind einfache Nachweismethoden, wie zum Beispiel Leitfähigkeitsmessungen, wenig aussagekräftig. LABSKAUS nutzt daher ein optisches Messverfahren für Oberflächenverschmutzungen: Die sogenannte laserinduzierte Plasmaspektroskopie (laser induced breakdown spectroscopy, LIBS). Sie kann die elementare Zusammensetzung von Oberflächen mithilfe eines Lasers analysieren. Der Laser wird auf die zu untersuchende Oberfläche gerichtet und erzeugt dabei stark angeregte Atome in Form eines Plasmas. Ein Plasma ist ein ionisiertes, Gas, das aus einem Gemisch aus Ionen, Elektronen und neutralen Teilchen besteht.

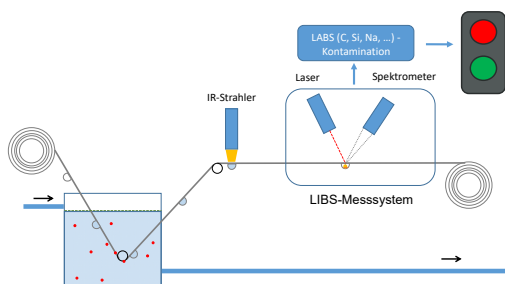
Wenn die Atome beim Abkühlen des Plasmas wieder in ihren Grundzustand übergehen, gibt jedes Element eine spezifische Lichtstrahlung ab. Anhand ihrer charakteristischen Emissionslinien können die verschiedenen Elemente so



Auswirkungen von lackbenetzungsstörenden Substanzen (LABS)

zuverlässig identifiziert werden. Ein unter den LABS wichtiges Element ist beispielsweise Silizium (Si), ein Silikonbestandteil. Zusätzlich besteht ein Zusammenhang zwischen der Konzentration eines Elements und der Signalstärke der jeweiligen Emissionswellenlänge. Die Plasmaemissionen werden von einem Spektrometer aufgenommen und als Spektrum ausgegeben.

Anlagentechnisch soll die Probenahme so ablaufen, dass eine definierte Menge einer Wasserprobe in einem Prüfgefäß eingetrocknet wird. Durch die Trocknung erhöht sich die Konzentration der nicht verdunstenden Bestandteile und somit auch die Signalstärke dieser Komponenten. Den Rückstand im Gefäß analysieren die Forschenden danach mit der LIBS-Methode und messen die Emission. In der Praxis erprobt wird das neuentwickelte Messsystem in einer Pilotanlage am Standort eines Bremer Automobilwerks.



Schema der geplanten LABSKAUS-Analysetechnik

Im Rahmen von LABSKAUS vermessen die Beteiligten reale LABS-Proben sowohl mit der konventionellen Labormethode als auch mit dem Laserverfahren. Auf Basis dieser Versuche trifft die Pilotanlage ihre Entscheidungen, ob die analysierten Wasserproben für die Lackierung geeignet sind oder verworfen werden müssen.

Nützlich für viele Branchen

Das Projekt LABSKAUS entwickelt ein laserbasiertes Messsystem, das vollautomatisiert und schnell Auskunft über für Lackierprozesse schädliche Störstoffe in aufbereiteten Industrieabwässern gibt. Damit können große Mengen an Wasser in Autofabriken eingespart werden. Darüber hinaus ist die online Analysemethode zur LABS-Erkennung aber auch für Zuliefererbetriebe und andere Branchen wie Maschinenbau, Elektrotechnik, Metallerzeugung und -verarbeitung sowie die Kunststoffindustrie interessant. Entsprechend hoch ist das Marktpotenzial.

Fördermaßnahme

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

Projekttitle

LABS-kontrollierendes Abwasser Überwachungs-System (LABSKAUS)

Laufzeit

01.03.2021 – 28.02.2023

Förderkennzeichen

02WQ1578A-C

Fördervolumen des Verbundprojektes

806.600 Euro

Kontakt

Holger Böhm
Göhler Anlagentechnik GmbH und Co. KG
Standort Bremen
Heinz-Kerneck-Straße 1
28307 Bremen
Telefon: +49 (0) 421 485242 - 11
E-Mail: holger.boehm@goehler.de

Projektpartner

SECOPTA analytics GmbH, Teltow
Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM), Bremen

Internet

goehler.de

Herausgeber

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

Stand

Dezember 2022

Text und Gestaltung

Projekträger Karlsruhe (PTKA)

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Bildnachweise

Vorder- und Rückseite: Fraunhofer IFAM

bmbf.de

RISK_Plus – Intelligente Softwareunterstützung für das Risikomanagement in der Trinkwasserversorgung

KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Die neue EU-Trinkwasserrichtlinie schreibt ein systematisches Risikomanagement für die Wasserversorgung vom Einzugsgebiet bis zur Hausinstallation künftig verpflichtend vor. Um Versorgungsunternehmen bei dieser Aufgabe zu unterstützen, entwickelt das Verbundprojekt RISK_Plus ein webbasiertes Softwarewerkzeug. Über das Risikomanagement hinaus soll das Tool auch die Probennahme zur Trinkwasserüberwachung effizienter gestalten. Durch eine teilweise Automatisierung von Prozessschritten und intelligente Assistenzfunktionen lassen sich der Aufwand in beiden Bereichen sowie Fehlermöglichkeiten verringern.

Ein Werkzeug für zwei Prozesse

Seit Januar 2021 gilt eine novellierte EU-Trinkwasserrichtlinie. Diese sieht umfangreiche Neuerungen zum Risikomanagement in der Trinkwasserversorgung vor. Künftig müssen für die gesamte Prozesskette der Wasserversorgung eine Risikoabschätzung und ein systematisches Risikomanagement durchgeführt werden: vom Einzugsgebiet über Gewinnung, Aufbereitung, Speicherung und Verteilung des Trinkwassers bis zur Hausinstallation. Methodische Grundlage dafür ist der Water Safety Plan (WSP) der Weltgesundheitsorganisation WHO beziehungsweise die entsprechende DIN EN 15 975-2.

Ein systematisches Risikomanagement ist auch Voraussetzung für eine bedarfsgerechtere Planung der Probennahme bei der Trinkwasserüberwachung. Die risikobasierte Probennahmeplanung soll die zurzeit noch üblichen, starren Pläne ablösen. Damit ist es möglich, Probennahmestellen, -häufigkeiten und Parameterumfang gezielt auf konkrete Gefährdungen und Risiken auszurichten.

Das Verbundprojekt RISK_Plus will ein benutzerfreundliches Softwarewerkzeug entwickeln und erproben, das Wasserversorgern bei der rechtssicheren Umsetzung der neuen gesetzlichen Vorgaben hilft. Es berücksichtigt alle Anforderungen des Risikomanagements in der Trinkwasserversorgung und der risikobasierten Probennahmeplanung bei der Trinkwasserüberwachung. Teilautomatische Prozesse und intelligente Assistenzwerkzeuge sollen für einen effizienten und fehlerlosen Ablauf sorgen.

Alle Daten vereinen

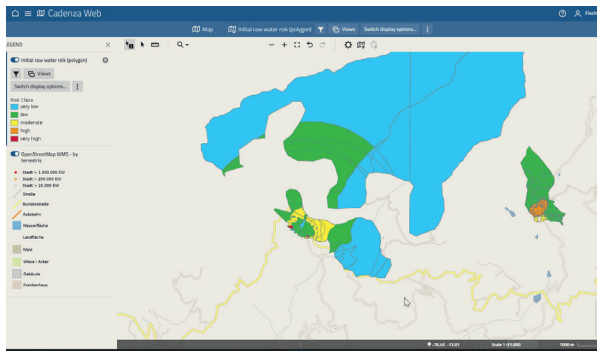
Im ersten Schritt führen die Projektbeteiligten Risikomanagement und risikobasierte Probennahmeplanung methodisch zusammen, sodass Synergien entstehen. Darauf basierend leiten sie spezifische Anforderungen für ein webbasiertes Softwaretool ab. Die Berücksichtigung existierender Geodaten sowie Schnittstellen zu Labordatenbanken, Katalogen und Vorlagen, eine automatisierte Messwertüberwachung und andere intelligente Assistenzfunktionen sollen eine gleichermaßen umfassende wie benutzerfreundliche Gesamtlösung schaffen.

Die für den Gesamtprozess definierten Spezifikationen setzen die Forschenden im nächsten Schritt in professionelle Softwaremodule und einen integrierten Prototyp um.



Beispiel einer Grundwassermessstelle. Das im Projekt RISK_Plus entwickelte Softwarewerkzeug soll künftig eine Planung der Probennahmen je nach ermitteltem Risiko ermöglichen.

Dieser wird mit realen Beispieldaten der Praxisbeteiligten – einem großen deutschen Wasserversorger und einem Ingenieurbüro für Trinkwasser- und Hygienetechnik – getestet und mit Anwendern unter Praxisbedingungen geprüft. Im Erfolgsfall soll die Software entweder als Lizenz für große oder als Internetanwendung für kleine Wasserversorger angeboten werden.



Beispiel einer Rohwasserrisikokarte in einem geographischen Informationssystem (GIS); solche und andere Daten soll die in RISK_Plus entwickelte Software verarbeiten

Optimierungschancen für alle Wasserversorger

Das im Verbundprojekt RISK_Plus entwickelte Software-tool soll den Aufwand für Dokumentation sowie für Datenhaltung und -pflege deutlich verringern, existierende Datenquellen intelligent einbinden und nutzen sowie benutzerfreundlich durch die Anwendung führen. Davon profitieren können die über 5.800 Wasserversorger, die es in Deutschland gibt. Darunter sind viele kleine und mittlere Unternehmen, für die ein systematisches Wasserrisikomanagement aufgrund des hohen Aufwands sehr schwierig ist.

Fördermaßnahme

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

Projekttitel

Intelligente Softwareunterstützung für das Risikomanagement in der Trinkwasserversorgung (RISK_Plus)

Laufzeit

01.07.2021 – 30.06.2023

Förderkennzeichen

02WQ1599A-B

Fördervolumen des Verbundprojektes

496.253 Euro

Kontakt

Dipl.-Geophys. Lucia Hahne
Disy Informationssysteme GmbH
Ludwig-Erhard-Allee 6
76131 Karlsruhe
Telefon: +49 (0) 721 16006-0
E-Mail: office@disy.net

Projektpartner

TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe

Internet

disy.net

Herausgeber

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

Stand

Oktober 2022

Text und Gestaltung

Projekträger Karlsruhe (PTKA)

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Bildnachweise

Vorderseite: Adobe Stock/brudertack69
Rückseite: TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser



Schäfersee-Verfahren – Stützung oder Sanierung von Gewässern mit sauerstoffarmen Wasserkörpern und hochbelasteten Sedimenten durch Stimulierung eines klimaneutralen mikrobiellen Abbaus

KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Einleitungen aus der Regenkanalisation sind insbesondere in städtischen Gebieten ein großes Problem für stehende Gewässer wie Seen und Teiche. Über Regenabflüsse können beispielsweise in kurzer Zeit große Mengen sauerstoffzehrender organischer Stoffe hineingelangen. Innerhalb weniger Stunden kann es im Extremfall zu einem akuten Sauerstoffmangel kommen, der Fischsterben verursacht. Zudem setzt der Abbau organischer Substanzen dann giftige oder klimaschädliche Gase frei. Das Verbundprojekt Schäfersee-Verfahren geht dagegen mit einer neuartigen Methode vor: Zusätzlich zu einer klassischen Belüftung des Gewässers wird der Hilfsstoff Calciumnitrat eingesetzt, um einen mikrobiellen Abbau von organischen Verbindungen und Schadstoffen zu stimulieren, ohne dass dabei schädliche Stoffe entstehen. Ziel der Projektbeteiligten ist es, das Verfahren in Form einer kompakten und kostengünstigen Anlage auf den Markt zu bringen.

Belastungsquelle Regenabwasser

Regenabwässer gelangen im Wesentlichen unbehandelt in die Gewässer und sind daher oft eine erhebliche Belastungsquelle, deren Bedeutung bei der Herstellung von Kanalsystemen unterschätzt wurde. Nachträgliche Korrekturen an städtischen Entwässerungssystemen sind kaum möglich und wenn, dann sehr kostenintensiv. Einträge von organischem Material stellen die Nahrungsgrundlage für Bakterien dar, die durch ihren Stoffwechsel den im See verfügbaren Sauerstoff sehr schnell verbrauchen. Das wird als aerober Abbau bezeichnet. Manche Bakterien verwerten die organischen Stoffe auch ohne Sauerstoff, das heißt anaerob. Der Abbau der Stoffe ist dann allerdings nicht vollständig; dabei bilden sich für Fische und andere Lebewesen giftiger Schwefelwasserstoff und klimaschädliches Methan. Das Gewässer beginnt zu faulen und stinkt: es „kippt um“. Zudem wird Phosphor, der auch in großen Mengen über die Regenkanalisation eingetragen und in den Sedimenten gespeichert wird, wieder freigesetzt. Das heißt die Anreicherung von Nährstoffen im Gewässer – die sogenannte Eutrophierung – zusätzlich an.

Üblicherweise werden solche Gewässer belüftet, um den Sauerstoffgehalt wieder zu erhöhen. Dem Eintrag von Luft aus der Atmosphäre in ein Gewässer sind jedoch sehr enge physikalische Grenzen gesetzt; kaum eine technische Belüftung kann die tatsächlich benötigte Menge an Sauerstoff effektiv einbringen. Das Schäfersee-Verfahren

umgeht dieses Problem, indem es bei der Belüftung den Hilfsstoff Calciumnitrat zudosiert.

Zusammenspiel von Nitrat und Sauerstoff

Die Kombination aus Nitratdosierung und Belüftung ist erstmals 2014 im hochbelasteten Berliner Schäfersee zum Einsatz gekommen. Eine kontrollierte gemeinsame Zufuhr von Sauerstoff und Calciumnitrat in das Gewässer hat er-



Sedimentkern nach Behandlung mit dem Schäfersee-Verfahren. Der ursprünglich schwarze Faulschlamm ist im oberen Bereich deutlich sichtbar farblich verändert.

möglichst, dass aerobe und anaerobe Abbauprozesse nahezu gleichzeitig stattfinden können. Beide Stoffe fungieren als Elektronenakzeptoren beziehungsweise Oxidationsmittel für den Energiestoffwechsel der jeweiligen Bakterien. Das minimiert Gärprozesse und verhindert die Bildung von Schwefelwasserstoff und Methan. Darüber hinaus wird die Rücklösung von im Seesediment gespeicherten Phosphat unterbunden. Das nach seinem ersten Einsatzort benannte und inzwischen mehrfach angewendete Schäfersee-Verfahren soll im Verbundprojekt weiterentwickelt werden.

So wollen die Beteiligten die mikrobiellen Abbauprozesse detailliert erforschen. Neben dem für die Eutrophierung maßgeblich verantwortlichen Nährstoff Phosphor sind auch im Schlamm abgelagerte Schadstoffe wie Kohlenwasserstoffe, Schwermetalle oder chlorierte Verbindungen von Interesse, die ebenfalls über die Kanalisation eingeleitet werden. Auch wollen die Projektbeteiligten prüfen, ob das Verfahren zu einer wesentlich geringeren Bildung von klimaschädlichem Methan führen kann. Ein weiteres zentrales Projektziel ist die Entwicklung einer einfachen stationären Anlage, mit der die Dosierung in Gewässernähe ferngesteuert erfolgen kann. Bislang wurde das Schäfersee-Verfahren mit wesentlich teureren schwimmenden Pontons auf dem Wasser betrieben.

Für viele Gewässer geeignet

Das Schäfersee-Verfahren ist eine wirksame Lösung, um anhaltend hochbelastete Gewässer zu stützen. Es eignet sich auch für die Sanierung geringer belasteter Seen und anderer Gewässer, die von Überdüngung betroffen sind: zum Beispiel Badegewässer, die die EU-Vorgaben einhalten müssen oder Parkteiche und andere Kleingewässer. Gelingt auch der Abbau von Giftstoffen, eröffnen sich weitere Einsatzmöglichkeiten im industriellen Bereich, etwa bei der Betriebswasserbehandlung.



Aufbauten eines schwimmenden Prototyps zur Anwendung des Schäfersee-Verfahrens

Fördermaßnahme

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

Projekttitel

Stützung oder Sanierung von Gewässern mit sauerstoffarmen Wasserkörpern und hochbelasteten Sedimenten durch Stimulierung eines klimaneutralen mikrobiellen Abbaus (Schäfersee-Verfahren)

Laufzeit

01.05.2021 – 30.04.2024

Förderkennzeichen

02WQ1548A-B

Fördervolumen des Verbundprojektes

623.140 Euro

Kontakt

Dipl.-Ing. Hartmut Wassmann
Büro Wassmann
Breitscheidstraße 28
16556 Hohen Neuendorf
Telefon: +49 (0) 3303 403190
E-Mail: info@buero-wassmann.de

Projektpartner

Technische Universität Berlin, Fachgebiet
Umweltmikrobiologie, Berlin

Internet

schaefersee-verfahren.de

Herausgeber

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

Stand

Dezember 2022

Text und Gestaltung

Projektträger Karlsruhe (PTKA)

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Bildnachweise

Vorder- und Rückseite: Büro Wassmann



SolardetoX – Entwicklung katalytischer Schwimmkörper für den kombinierten Einsatz mit Ölsperren zum Abbau von Mineralölbelastungen auf Wasseroberflächen

KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Große Ölkatastrophen wie die Havarie der Bohrplattform Deepwater Horizon im Jahr 2010 oder Tankerunfälle zeigen die potenziellen Gefahren, die beim Transport, der Förderung und der Nutzung von Mineralöl für die Umwelt entstehen können. Um Schäden einzudämmen, stehen derzeit verschiedene mechanische, physikalische und chemische Methoden zur Verfügung. Diese Verfahren haben eine Reihe von Schwächen: Beispielsweise erzeugen sie Sonderabfälle oder verlagern das Problem lediglich in tiefere Wasserschichten. Ziel des Verbundprojektes SolardetoX ist die Entwicklung eines neuartigen Verfahrens, das mineralölbasierte Kohlenwasserstoffe (MWK) auf leicht- bis mittelbelasteten Wasseroberflächen zurückhalten und gleichzeitig ohne Reststoffe abbauen kann. Zum Einsatz kommt dabei die sogenannte solare Photokatalyse, bei der chemische Reaktionen mithilfe von Sonnenlicht aktiviert werden.

Die Kraft der Sonne nutzen

Mineralöl ist nach wie vor einer der wichtigsten Energieträger unserer Zeit. Die Gewinnung und Nutzung stellen jedoch enorme potenzielle Gefahren für die Umwelt dar. Häufige Schäden sind beispielsweise der Austritt von Heizöl nach Hochwasserüberschwemmungen, MWK-Verschmutzungen von Verkehrsflächen oder Ölaustritte aus havarierten und gesunkenen Schiffen. Aktuell eingesetzte Reinigungsverfahren haben deutliche Schwächen. So entstehen beim Abschöpfen des Öls mit Absorbieren und Skimmern Sonderabfälle, die ihrerseits die Umwelt belasten und aufwändig entsorgt werden müssen. Auch die Gabe von sogenannten Dispergatoren führt lediglich zu einer Verlagerung des Schadstoffproblems unter die Wasseroberfläche: Diese Chemikalien umschließen das Öl und vermischen sich mit dem Wasser.

Ziel des Verbundprojektes SolardetoX ist die Entwicklung eines neuartigen Verfahrens, das schwimmfähige und durch Sonnenlicht aktivierbare Katalysatoren nutzt, um MWK in Gewässern abzubauen. Diese auf dem Prinzip der Photokatalyse basierende Methode soll zunächst bei leicht- bis mittelbelasteten Wasseroberflächen zum Einsatz kommen. Größere Ölhavarien werden vorerst nicht betrachtet, da das zu entwickelnde Material bei stärkeren Ölfilmen verklumpen kann.

Schwimmfähige und stabile Katalysatoren

Die Forschenden entwickeln herkömmliche Ölsperren zu Kombinationsölsperren weiter; diese können die Ölverschmutzungen nicht nur eindämmen, sondern in Verbindung mit speziell beschichteten Katalysatoren gleichzeitig auch abbauen. Für die Beschichtung wählen die Projektbeteiligten Titandioxid. Hierbei handelt es sich um einen Halbleiter, der durch Sonnenlicht aktiviert wird. Es bilden sich sehr kurzlebige reaktionsstarke Radikale – sogenannte reaktive Sauerstoffspezies –, die organische Substanzen wie MWK zu Wasser und Kohlendioxid zersetzen können. Diesen Vorgang bezeichnet man als Photokatalyse.

Um das am besten geeignete Trägermaterial für die Katalysatoren zu ermitteln, prüfen die Projektbeteiligten verschiedene umweltverträgliche Substrate aus Blähton und Blähglas auf ihre Schwimmfähigkeit und Stabilität.



Verschiedene Trägermaterialien für Katalysatoren aus Blähton und Blähglas werden auf ihre Schwimmfähigkeit erprobt; links unbeschichtet und rechts mit Titandioxid beschichtet.

Die besondere Herausforderung ist hierbei, die Schicht aus Titandioxid so stabil auf den Schwimmkörpern aufzubringen, dass sie Wind und Wellen gut standhalten kann. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler probieren daher verschiedene Rezepturen und Aufbringungsmethoden der Beschichtung. Deren Beständigkeit und Abbaueffizienz testen sie im Nachgang im Labormaßstab. Ihr Ziel ist es, ein für großtechnische Produktionszwecke geeignetes Verfahren für die Herstellung der schwimmfähigen photokatalytisch beschichteten Substrate zu entwickeln. In Frage kommen dafür thermische Beschichtungsverfahren im Drehrohr-Ofen oder Pulsationsreaktor.

Das erzeugte Material soll durch einfallendes Sonnenlicht auf energetisch neutrale Weise aktiviert werden und MKW sowie weitere organische Schadstoffe wie Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) auf der Wasseroberfläche ohne schädliche Reststoffe abbauen können. Es ist vorgesehen, dass die katalytischen Schwimmkörper in Verbindung mit mechanischen Ölbarrieren in lichtdurchlässigen Schläuchen, Gitterboxen, Taschen oder Kissen zum Einsatz kommen. Ein erster Demonstrator besteht aus einem Netzvlies, das Wasser und Licht durchlässt, selber schwimmfähig ist und somit den notwendigen Auftrieb mit unterstützt. Weitere Versuche bezüglich der Abbauleistung und Anwenderfreundlichkeit der Ölsperre sind geplant. In diesem Zusammenhang entwickeln die SolardetoX-Beteiligten auch neue Messmethoden und Analyseverfahren.

Umweltfreundliche Alternative

Als Ergebnis von SolardetoX soll mit der Kombinationsperre aus mechanischen Ölbarrieren und katalytischen Schwimmkörpern eine neue umweltfreundliche Alternative zur Behandlung akuter Ölverschmutzungen zur Verfügung stehen. Darüber hinaus eröffnen sich auch neue Marktchancen im Bereich der Regenrückhaltebecken, in die durch Niederschläge regelmäßig MWK von Verkehrsflächen eingetragen werden.



Erster Demonstrator einer Ölsperre kombiniert mit dem schwimmfähigen photokatalytischen Material

Fördermaßnahme

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

Projekttitel

Entwicklung katalytischer Schwimmkörper für den kombinierten Einsatz mit Ölsperren zum Abbau von Mineralölbelastungen auf Wasseroberflächen (SolardetoX)

Laufzeit

01.04.2021 – 31.03.2023

Förderkennzeichen

02WQ1579A-E

Fördervolumen des Verbundprojektes

708.650 Euro

Kontakt

M.Sc. Daniel Martschoke
Lynatox GmbH
Suhler Straße 11
99885 Ohrdruf
Telefon: +49 (0) 36257 45772 0
E-Mail: info@lynatox.de

Projektpartner

Fachhochschule Erfurt, Erfurt
Hydrotechnik GmbH, Lübeck
IBU-tec advanced materials AG, Weimar
Materialforschungs- und -prüfanstalt Weimar, Weimar

Internet

lynatox.de

Herausgeber

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

Stand

Dezember 2022

Text und Gestaltung

Projekträger Karlsruhe (PTKA)

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Bildnachweise

Vorderseite: M. Dutschke, MFPA
Rückseite: J. Suchan, Hydrotechnik Lübeck GmbH