



# eloise – Innovative Verfahrenskette aus Elektrolyse und Ozonierung zur Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Die Produktion von Wasserstoff ist ein wesentlicher Baustein der Energiewende. Hergestellt wird Wasserstoff z. B. durch Elektrolyse: Bei diesem Prozess wird Wasser in seine Bestandteile zerlegt. Als Energiequelle für die Elektrolyse kann Strom aus erneuerbaren Energie wie Windkraft und Photovoltaik dienen. Hierbei fällt neben „grünem“ Wasserstoff auch in hohem Maße Sauerstoff an, der bisher nicht genutzt wird. Die Beteiligten des Verbundprojektes eloise wollen dies ändern und dazu die Bereiche Energieerzeugung und Abwasserreinigung in einem neuen Ansatz miteinander verknüpfen. Dabei soll u. a. der erzeugte Sauerstoff für die Beseitigung von Mikroverunreinigungen wie Arzneimittel und Industriechemikalien aus Abwässern eingesetzt werden.

### Ressourceneffiziente Verfahrenskette schaffen

Wasserstoff gilt als Energieträger der Zukunft und Schlüsselement eines nachhaltigen Energiesystems. Es ermöglicht, die stark schwankende Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien zu verstetigen, indem Überschüsse von Wind- und Solarstrom bis zur weiteren Nutzung chemisch zwischengespeichert werden können. Als Standorte für eine umweltfreundliche Wasserstoffproduktion bieten sich die rund 10.000 kommunalen Kläranlagen in Deutschland an. Hier kann unter Einsatz erneuerbarer Energien Wasserstoff durch Elektrolyse gewonnen werden.

Bei der Zerlegung des Wassers in seine Bestandteile fällt auch Sauerstoff an. Dieses bislang ungenutzte Nebenprodukt wollen die fünf Partner aus Wasserwirtschaft, Industrie und Wissenschaft des Verbundprojektes eloise für die Abwasserreinigung nutzen. Der Sauerstoff dient ihnen als Grundstoff für die Herstellung von Ozon. Dieses wird eingesetzt, um Spurenstoffe wie Arzneimittel und Industriechemikalien aus dem Abwasser zu entfernen.

Ziel der Projektpartner ist es, eine abgestimmte Verfahrenskette von der Elektrolyse über die Spurenstoffentfernung mit Ozon bis zur nachgeschalteten biologischen Beseitigung möglicher schädlicher Abbauprodukte zu schaffen und dabei erneuerbare Energien zu nutzen. Die neue Verfahrenskette ermöglicht so einen ressourceneffizienten Umgang mit den vorhandenen „Rohstoffen“, d. h. der zu speichernden erneuerbaren Energie, und den erzeugten Produkten Wasserstoff und Sauerstoff. Im Vorhaben eloise wollen die Forschenden untersuchen, ob ihr

neuer Ansatz grundsätzlich funktioniert und diesen auf sein Wertschöpfungspotenzial überprüfen.

### Elektrolyse und Ozonerzeugung aufeinander abstimmen

Die Elektrolyse auf der Kläranlage soll nicht fortlaufen betrieben werden, sondern immer dann, wenn Überschussstrom aus Wind- und Sonnenenergie über den produzierten Wasserstoff im Stromnetz verwertet werden soll. Damit aber kontinuierlich Ozon für die Abwasserreinigung produziert werden kann, wird der aus der Elektrolyse anfallende Sauerstoff in einem Druckspeicher gesammelt. Dieser Speicher übernimmt die wesentliche Ausgleichsfunktion zwischen der schwankenden Elektrolyse und der fortlaufenden Ozonerzeugung.

Über ein neuartiges Membransystem wird das Ozon in feinen Bläschen in das Abwasser eingetragen, um dort Spurenstoffe zu entfernen. In der nachgeschalteten biologischen Stufe der Kläranlage – z. B. einem Schönungsteich und Aktivkohlefilter – werden Reststoffe und weitere or-



Eine modular aufgebaute Anlage trägt Ozon in das Abwasser ein

ganische Bestandteile, die bei der Ozonierung entstehen, mit Hilfe von Biofilmen oder freischwebenden Mikroorganismen abgebaut.

### Pilotanlage auf dem Klärwerk Kaiserslautern

Um die Verfahrenskette zu erforschen, wollen die eloise-Partner auf der Kläranlage Kaiserslautern eine halbertechnische Pilotanlage mit Elektrolyse, Sauerstoffspeicherung, Ozonerzeugung, Ozonierung, Aktivkohlefilter und Schönungsteich aufbauen und betreiben. Die in der Praxis untersuchten einzelnen Komponenten des Verfahrens bilden die Forschenden zudem modelltechnisch ab. Auf diese Weise können sie die Wechselwirkungen zwischen der erneuerbaren Energieerzeugung, die durch hohe Dynamik und schwankende Überschüsse gekennzeichnet ist, und der ebenfalls dynamischen Abwasserreinigung untersuchen.

Die Verfahrenskette soll sowohl insgesamt als auch in den Einzelkomponenten nutzbar sein. Mit den circa 10.000 kommunalen Kläranlagen allein in Deutschland versprechen sich die Verbundpartner ein sehr großes Marktpotenzial für eine spätere technische Nutzung des Verfahrens.



Kläranlage Kaiserslautern als Standort der Pilotanlage

#### Fördermaßnahme

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

#### Projekttitel

Innovative Verfahrenskette aus Elektrolyse und Ozonierung zur Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen (eloise)

#### Förderkennzeichen

02WQ1436A

#### Laufzeit

01.12.2018 – 30.11.2020

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

930.000 Euro

#### Kontakt

Dr.-Ing Gerd Kolisch  
Wupperverbandsgesellschaft für integrale  
Wasserwirtschaft (WiW) mbH  
Untere Lichtenplatzer Straße 100  
42289 Wuppertal  
Telefon: +49 (0) 202-583-292  
E-Mail: kol@wupperverband.de

#### Projektpartner

Anleg GmbH, Wesel  
DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Leipzig  
Kaufmann Umwelttechnik GmbH, Wehr  
Technische Universität Kaiserslautern, Institut Wasser –  
Infrastruktur – Ressourcen, FG Ressourceneffiziente  
Abwasserbehandlung, Kaiserslautern

#### Internet

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

#### Herausgeber

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

#### Stand

Juli 2019

#### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

Vorderseite: Kaufmann Umwelttechnik GmbH  
Rückseite: Stadtentwässerung Kaiserslautern AöR



# MultiVegiClean – Entwicklung einer multifunktionalen und ressourcenschonenden Salat- und Gemüserreinigungsanlage

## KMU-innovativ: Ressourceneffizienz und Klimaschutz

Frische, vorverpackte Salate zählen aufgrund ihrer Zusammensetzung aus geschnittenen Pflanzenteilen und einer oftmals hohen natürlichen Keimbelastung zu den leicht verderblichen Lebensmitteln. Wird die Kühlkette auf dem Weg zum Konsumenten unterbrochen, können sich die Keime in den Kunststoffverpackungen rasant vermehren. Im schlimmsten Fall drohen Erkrankungen, bis hin zur Lebensmittelvergiftung. Die Salate stellen daher höchste Anforderungen an die Rohstoffe und die Verarbeitungstechnologien. Mithilfe eines neuartigen Reinigungsverfahrens, das die Partner des Verbundprojektes MultiVegiClean entwickeln, sollen Blattsalate und Gemüse per Ultraschall wirksamer als bisher gesäubert werden. Das sorgt nicht nur für weniger Keime im fertigen Produkt, sondern auch für einen viel geringeren Wasserverbrauch.

### Herausforderung abgepackter Salat

Bis ein abgepackter Salat auf dem Teller des Konsumenten landet, hat er eine lange Reise und viele Waschgänge hinter sich. Die Reinigung erfolgt meist in zwei Schritten. In einem großen Wannenbad wird zuerst der Schmutz vom Salat gelöst und herausgespült. Dann wird der Salat mit klarem Trinkwasser abgebraust. Zusätzlich wird Verbraucherinnen und Verbrauchern auf der Verpackung empfohlen, den Salat vor Verzehr nochmals zu waschen. Der Trinkwasserverbrauch für den gesamten Reinigungsprozess ist daher enorm, das Verfahren somit weder umweltfreundlich noch nachhaltig.

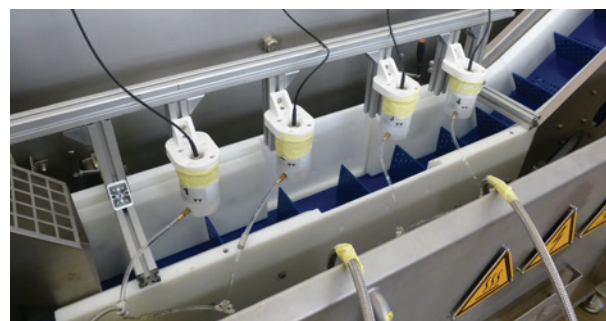
Es ist jedoch notwendig, dass für den Rohverzehr bestimmte abgepackte Salate eine gründliche Reinigung durchlaufen, damit sie nicht zu einer Gesundheitsgefahr für den Menschen werden. Denn die Schnittflächen von Blattsalaten und Gemüse bieten einen idealen Nährboden für Keime. Feuchtigkeit und Wärme in Plastikverpackungen sorgen zudem für ein beschleunigtes Wachstum von Mikroorganismen.

Ein verbesserter Waschprozess, an dem die Forschenden im Verbundprojekt MultiVegiClean arbeiten, soll den Salat schonend und mit weniger Wasser als bisher üblich reinigen sowie zusätzlich Keime wirksam entfernen. Das Konzept nutzt dazu Wasserstrahlen mit integriertem Ultraschall.

### Ultraschall für Salat und Gemüse nutzen

Ultraschall wird bereits vielfach bei der Reinigung von Bauteilen eingesetzt. Die Reinigungswirkung basiert auf der sogenannten Kavitation. Darunter versteht man die Bildung und Auflösung von Gasbläschen in einer Flüssigkeit. Die durch die Dynamik freiwerdende Energie verursacht starke Strömungen und Turbulenzen. Diese „sprengen“ Verschmutzungen an den zu reinigenden Oberflächen geradezu ab. Entscheidend für das Reinigungsergebnis sind verschiedene Kriterien wie Ultraschallleistung und -frequenz sowie die Behandlungszeit.

Die Forschenden im Projekt MultiVegiClean machen sich das Prinzip der Kavitation zunutze, um Salat und Gemüse effizienter zu säubern. In einer Reinigungswanne, die am Boden mit Ultraschalltauschwingern ausgestattet ist – diese übertragen die Ultraschallwellen in das Waschwasser – werden zunächst die Verschmutzungen am Salat unter



Prototyp einer Reinigungswanne: Oben sind vier integrierte Ultraschallwasserdüsen, sogenannte Pulsatoren, zu sehen.

Wasser aufgelockert. Anschließend führt ein Fördersystem die vorbehandelten Salate aus der Wanne wieder an die Wasseroberfläche. Dort werden sie kontinuierlich von oben mit Wasserstrahlen, die mit Ultraschall gekoppelt sind, besprüht. Die pulsierenden Wasserstrahlen bringen zusätzliche Kräfte auf die zu reinigende Oberfläche auf.

Erste Versuche, die die Projektpartner mit Feldsalat, Rucola und Radieschen in einer Pilotanlage durchgeführt haben, zeigen, dass das Gemüse mithilfe von Ultraschall effizient gereinigt werden kann. Die Proben sind nach dem Bad in der Reinigungswanne bereits sichtbar sauber. Mikrobiologische Analysen bestätigen den hohen Reinigungsgrad. Die Keime sind im Vergleich zur konventionellen Reinigung deutlich verringert. Zudem verbraucht die Ultraschallreinigung wesentlich weniger Wasser.



In der Pilotanlage gereinigter Feldsalat und Radieschen

### Große Marktchancen für Konzept

Um die Ergebnisse bezüglich Reinigung und Keimbelastung weiter zu verbessern, optimieren die Projektpartner die Pilotanlage nach den ersten Versuchsreihen. Beispielsweise werden die Salate nach dem Reinigungsbad nicht mehr nur von oben mit gepulsten Wasserstrahlen gesäubert, sondern vom Förderband an der Wasseroberfläche umgewälzt. So können Verschmutzungen an der Unterseite der Blätter besser entfernt werden.

Mithilfe einer Demonstrationsanlage soll das neue Reinigungskonzept im Anschluss direkt bei Landwirten vor Ort getestet werden. Da für Frischgemüse und Salate bereits seit längerer Zeit an wassersparenden Waschverfahren gearbeitet wird, gehen die Projektpartner von einem hohen Vermarktungspotenzial der Technologie aus – insbesondere in wasserarmen Regionen wie Südeuropa.

#### Fördermaßnahme

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

#### Projekttitel

Entwicklung einer multifunktionalen und ressourcenschonenden Salat- und Gemüserreinigungsanlage (MultiVegiClean)

#### Förderkennzeichen

02WQ1396

#### Laufzeit

01.03.2017 – 30.11.2019

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

420.946 Euro

#### Kontakt

Weber Ultrasonics AG  
Dr. Thomas Dreyer  
Im Hinteracker 7  
76307 Karlsbad  
Telefon: +49 (0) 7248 9207-217  
E-Mail: t.dreyer@weber-ultrasonics.com

#### Projektpartner

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL),  
Quakenbrück  
Pfalzmarkt für Obst und Gemüse e.G., Mutterstadt

#### Internet

[www.weber-ultrasonics.com](http://www.weber-ultrasonics.com)

#### Herausgeber

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

#### Stand

Juli 2019

#### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

Vorder- und Rückseite: Weber Ultrasonics AG

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



# REWAKO – Ressourceneffizientes Wassermanagement durch innovativen Korrosionsschutz

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

In wassertechnischen Anlagen kommt es immer wieder zu Schäden durch Korrosion. Grund dafür ist die aggressive, oftmals schwefelhaltige und feuchte Umgebungsluft, die den elektrischen und elektronischen Bauteilen in den Schaltschränken der Anlagen zusetzt. Das Verbundprojekt REWAKO arbeitet an Strategien und Maßnahmen für einen besseren Korrosionsschutz in Wasser- und Abwasseranlagen. Ziel ist es, drohende Ausfälle rechtzeitig zu erkennen und die Lebensdauer der Komponenten in Schalt- und Steuerungsanlagen zu erhöhen. Dadurch lassen sich Reparaturkosten sparen und das Risiko für Umweltschäden verringern, die durch schadhafte Wassertechnik entstehen können.

### Versorgungssicherheit durch Schutz und Vorhersage

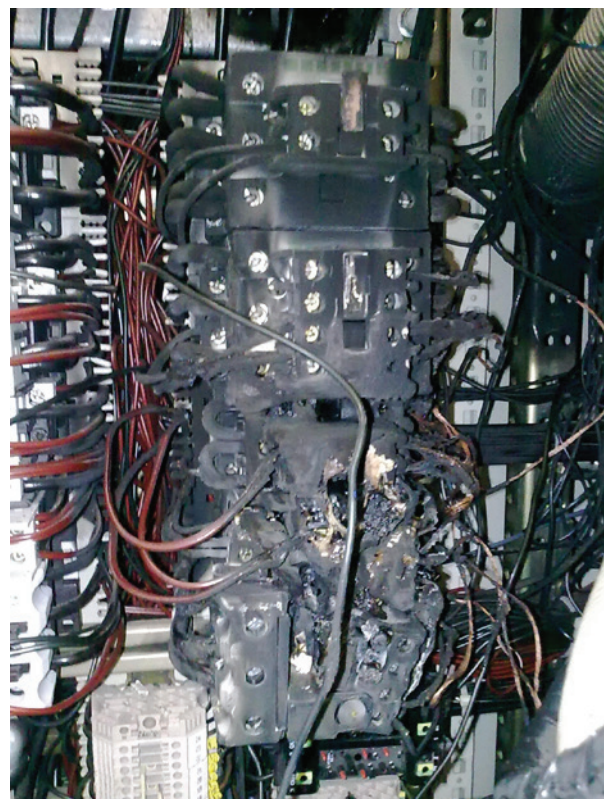
Für die deutsche Wasser- und Abwasserwirtschaft stellen Korrosionsschäden in Elektroanlagen ein erhebliches Problem dar. Fallen etwa Verfahrenssteuerungen oder ganze Schaltschranksysteme aus, muss trotzdem gewährleistet sein, dass kein wertvolles Trinkwasser verschwendet oder gar die Umwelt durch eine unzureichende Abwasserbehandlung geschädigt wird.

Sowohl die vorbeugende Wartung elektrischer Anlagen, als auch Ausfälle bis hin zu Totalschäden sind aufwändig, ressourcenintensiv und daher mit hohen Kosten verbunden. Ziel des Verbundprojektes REWAKO ist es daher, innovative Maßnahmen für den Korrosionsschutz und die Früherkennung von Korrosionsschäden in Schaltschränken zu entwickeln.

### Technische Lösungen für Neubau und Nachrüstung

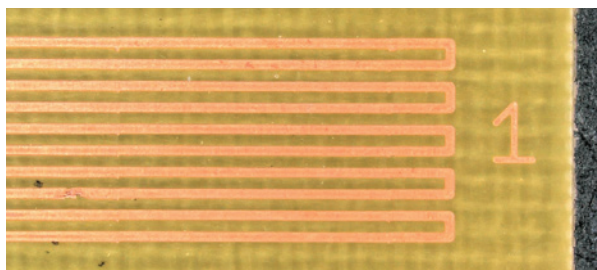
Ausgangspunkt für das Projektteam ist die Aufgabe, die Ressourceneffizienz in den wassertechnischen Anlagen zu verbessern und gleichzeitig die Wasserqualität beizubehalten oder zu steigern. Anhand von Schadensstatistiken begeben sich die Forschenden zunächst einmal auf die Suche nach Fehlerursachen, die sie nachfolgend analysieren und interpretieren. Die Erkenntnisse sollen dabei helfen, neue Ideen zu erarbeiten, um zukünftige potenzielle Schäden einfacher vorherzusagen oder sogar ganz zu vermeiden.

Die technischen Lösungen sollen sich sowohl für den Neubau als auch für die Nachrüstung in Altanlagen eignen. Je nach Leistungsgröße, Rahmenbedingungen und Steuerungsbedarf der jeweiligen Anlage sollen sie modular, abänderbar und skalierbar sein.



Brandschäden in einem Schaltschrank. Diese können durch einen korrosionsbedingten Kurzschluss entstehen.

Eine wichtige Rolle spielt auch der Aufwand für Korrosionsschutzmaßnahmen im Verhältnis zu den potenziellen Schäden. So werden Maßnahmen zur Früherkennung von Ausfällen zusammen mit den Endkunden entwickelt. Auf diese Weise sollen von den Herstellern fest vorgegebene Wartungsintervalle vermieden werden und die Wartung stattdessen bedarfsgerecht erfolgen. Eine solche intelligente Überwachung kann helfen, Material und Geld zu sparen.



Detailaufnahmen elektronischer Korrosions-Sensoren vor Auslage in einem Hauptpumpwerk und nach Auslage in stark korrosiver Atmosphäre (Pumpenschacht).

## Ergebnisse bundesweit umsetzbar

Angesichts der allein circa 10.000 öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen in Deutschland liefert das Verbundprojekt REWAKO Ergebnisse, die bundesweit umgesetzt werden können. Die zu entwickelnden speziellen Dienstleistungen und Produkte sollen es ermöglichen, potenzielle Korrosionsschäden an elektrischen Anlagen rechtzeitig zu erkennen oder zu vermeiden. Auf diese Weise können Sach- und Umweltschäden sowie hohe Reparaturkosten vermieden werden. Indem die Lebensdauer der Komponenten erhöht und defekte Teile frühzeitig ausgetauscht werden, steigt die Betriebssicherheit in Wasser- und Klärwerken. Auch der Wartungsaufwand verringert sich, sodass Ressourcen wie Energie und Wasser eingespart werden können.

### Fördermaßnahme

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

### Projekttitel

REssourceneffizientes WAssermanagement durch innovativen Korrosionsschutz (REWAKO)

### Förderkennzeichen

02WQ1464A + B

### Laufzeit

01.09.2018 – 31.08.2020

### Fördervolumen des Verbundprojektes

262.212 Euro

### Kontakt

we3 witte elektrotechnik gmbh  
Dipl.-Kfm. Johannes Witte  
Heydeweg 8  
18182 Bentwisch  
Telefon: +49 (0) 381 6707381 0  
E-Mail: j.witte@witte-rostock.de

### Projektpartner

Universität Rostock, Institut für Gerätesysteme und Schaltungstechnik, Rostock

### Internet

[www.witte-rostock.de](http://www.witte-rostock.de)

### Herausgeber

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

### Stand

Juli 2019

### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

### Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

### Bildnachweise

Vorder- und Rückseite: we3 witte elektrotechnik gmbh



# AGaBZ – Automatisierte mikrobielle Brennstoffzellen mit weitergehender Gasverwertung auf kommunalen Kläranlagen

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

**Biomasse stellt einen der wichtigsten Energieträger des 21. Jahrhunderts dar. Organische Abfälle und Bestandteile im Abwasser bilden eine praktisch unerschöpfliche Quelle an erneuerbarer Energie. Bisher wird das im Abwasser vorhandene Energiepotenzial jedoch nur bis zu etwa einem Viertel ausgenutzt. Mithilfe von mikrobiellen Brennstoffzellen wollen die Partner des Verbundprojektes AGaBZ die Energieausbeute aus Abwasser direkt und ohne Umwege steigern. Auf diese Weise können Kläranlagen ihren eigenen hohen Energieverbrauch maßgeblich senken.**

### Energieeffiziente Kläranlage trägt zur Energiewende bei

In Deutschland stoßen kommunale Kläranlagen jährlich rund drei Millionen Tonnen Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) in die Luft aus und gehören zu den größten Energieverbrauchern in Städten und Gemeinden. Die Steigerung der Energieeffizienz bei Abwasseranlagen kann somit einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten. Mikrobielle Brennstoffzellen (MBZ) stellen eine neue, sehr vielversprechende Möglichkeit dar, den Energieverbrauch zu senken. Hier setzt das Verbundprojekt AGaBZ an.

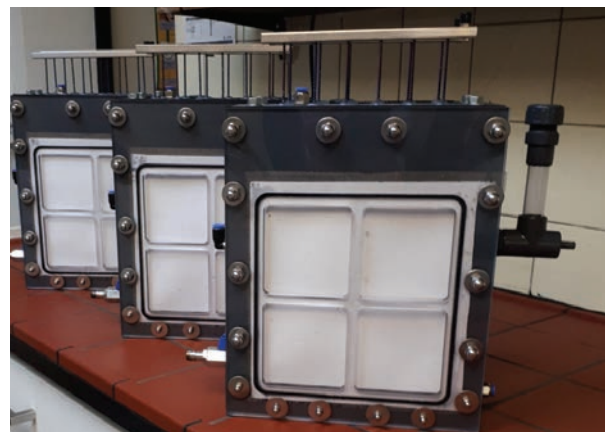
Anders als herkömmliche Brennstoffzellen, die chemische Energie – meist aus Wasserstoff – in Strom umwandeln, nutzen mikrobielle Brennstoffzellen zur Stromerzeugung den Stoffwechsel von Bakterien. Die Bakterien wachsen bevorzugt in Form von Biofilmen und ernähren sich dabei von organischen Substanzen, wie sie etwa im Abwasser vorhanden sind. Durch Stoffwechselprozesse werden ständig Elektronen freigesetzt. Ein Biofilm, der auf einer Elektrode wächst, kann diese an das leitende Material abgeben. Sobald die Elektronen mit der Anode der Brennstoffzelle in Berührung kommen, werden sie zur gegenüberliegenden Kathode weitergeleitet und verbinden sich dort mit Protonen und Sauerstoff zu Wasser. Dadurch reinigen mikrobielle Brennstoffzellen nicht nur einen Teil des Abwassers; sie wandeln auch gleichzeitig die darin enthaltene Energie aus dem Bakterienstoffwechselprozess direkt in Strom um.

Die Technologie mit automatisierten mikrobiellen Brennstoffzellen steht derzeit erst am Anfang. Im Rahmen von AGaBZ soll das Verfahren daher zunächst im kleineren Maßstab und anschließend unter praxisnahen Bedingun-

gen auf der Kläranlage Hecklingen in Sachsen-Anhalt im Pilotmaßstab getestet werden.

### Grundlegende Prozesse erforschen

Um die grundlegenden Vorgänge in der mikrobiellen Brennstoffzelle zu erforschen, führen die Projektbeteiligten zunächst verschiedene Untersuchungen im labor-technischen Maßstab durch. So betrachten sie u. a. die Energiebeuten von Edelstahl-Aktivkohle-Kathoden und ermitteln die Zusammensetzung des durch die mikrobielle Zersetzung entstehenden Gasgemisches. Zu diesem Zweck planen und bauen die Forschenden sechs mikrobielle Brennstoffzellen, die unterschiedlich betrieben werden. Der Abwasserzu- und -ablauf der Brennstoffzellen wird auf bestimmte Inhaltsstoffe wie Stickstoffverbindungen und den Gesamtgehalt an organischen Substanzen untersucht. Ergänzt um die Analyse des entstehenden



Die eingesetzten mikrobiellen Brennstoffzellen im Labormaßstab

Gases lassen sich so Rückschlüsse auf die Stoffumwandlungsprozesse innerhalb einer Brennstoffzelle schließen. Mit einem Simulationsmodell können die Projektpartner diese anschließend umfassend abbilden.

### Vom Labor in die Praxis

Den Schritt in die Praxis macht das Projekt AGaBZ auf der Kläranlage Hecklingen. Dort wird eine Anlage mit mikrobiellen Brennstoffzellen im Pilotmaßstab betrieben. Ein wesentlicher Aspekt beim Bau des Reaktors ist es, die Elektroden möglichst dicht aneinander zu packen, aber gleichzeitig eine Verstopfung der Module im täglichen Anlagenbetrieb zu vermeiden. Denn hohe Packungsdichten ermöglichen hohe Umsatzraten und somit hohe Stromausbeuten.

Die Projektpartner untersuchen und bewerten über den Jahresverlauf und bei sich ändernder Abwasserzusammensetzung, wie die Energienutzung in den Brennstoffzellen optimiert werden kann. Um eine gute Prozessstabilität und -effizienz über das Jahr zu erhalten, muss die Anlage automatisch überwacht und gesteuert werden. Hierbei werden Tagesschwankungen sowie Veränderungen durch Regen- oder Trockenwetter optimal ausgeglichen. Zusätzlich analysieren die Forschenden auch hier die Gasausbeute. Das Brennstoffzellengas, das eigentlich ein Nebenprodukt darstellt, kann möglicherweise später auf Kläranlagen zusammen mit dem anfallenden Biogas aus dem Faulurm für eine zusätzliche Energieproduktion genutzt werden. Eine Kosten-Nutzen-Analyse soll schließlich Aufschluss über die Wirtschaftlichkeit der Brennstoffzellentechnologie unter verschiedenen Randbedingungen geben. Ziel der Projektpartner ist es, ein marktreifes Verfahren zu entwickeln.



Anlagencontainer auf der Kläranlage Hecklingen

#### Fördermaßnahme

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

#### Projekttitel

Automatisierte mikrobielle Brennstoffzellen (MBZ) mit weitergehender Gasverwertung auf kommunalen Kläranlagen (AGaBZ)

#### Förderkennzeichen

02WQ1466A-C

#### Laufzeit

01.09.2018 – 31.08.2020

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

444.505 Euro

#### Kontakt

Awite Bioenergie GmbH  
Dr.-Ing. Ernst Murnleitner  
Grünseiboldsdorfer Weg 5  
85416 Langenbach  
Telefon: +49 (0) 8761 72 162 - 18  
E-Mail: mur@awite.de

#### Projektpartner

Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik, Bochum  
WTE Wassertechnik GmbH, Essen

#### Internet

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

#### Herausgeber

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

#### Stand

Oktober 2019

#### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

Vorderseite: Ruhr-Universität Bochum, Bochum  
Rückseite: WTE Wassertechnik, Essen





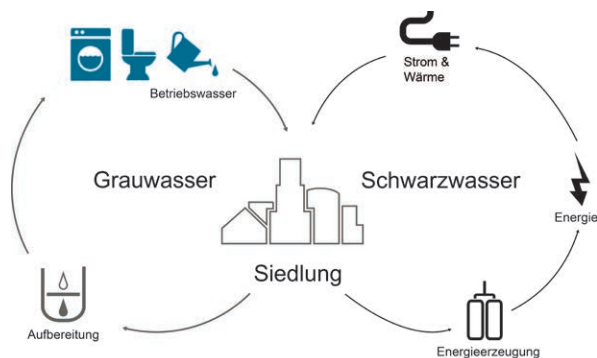
# AWAS – Entwicklung einer Abwasserweiche und getrennten Abwassersammlung

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

In der Abfallwirtschaft hat sich das Prinzip der getrennten Erfassung von sortenreinen Abfällen bereits erfolgreich durchgesetzt. Die Wertstofftrennung ermöglicht es, Rohstoffe gezielt zurückzugewinnen, Ressourcen zu schonen und Kosten zu senken. Vergleichbare kreislauforientierte Sanitärsysteme, bei denen die im Haushalt anfallenden Abwässer aus verschiedenen Bereichen getrennt abgeleitet und behandelt werden, sind hingegen noch nicht sehr verbreitet. Dies liegt u. a. daran, dass sie bislang nur mit umfangreichen baulichen Eingriffen in bestehenden Gebäuden umgesetzt werden können. Im Verbundprojekt AWAS arbeitet ein Team aus Wissenschaftlern, Anlagenbauern und Elektrotechnikern an neuen Möglichkeiten der Abwasserbewirtschaftung, die sich auch für Bestandsgebäude eignen.

### Neuartige Sanitärsysteme im Baubestand

Bei Neuartigen Sanitärsystemen für die Siedlungswasserwirtschaft – kurz NASS – werden die häuslichen Abwasserströme getrennt abgeleitet und gereinigt. Das Ziel solcher Entwässerungskonzepte ist es, Abwasser nicht mehr nur zu behandeln, sondern zu verwerten. Die sehr unterschiedlichen Eigenschaften der einzelnen Teilströme, z. B. aus Toiletten, Badezimmer, Küche oder Waschmaschine, erlauben es, Abwässer spezifisch zu reinigen sowie die darin enthaltenen Inhaltsstoffe zu nutzen. So beinhaltet Schwarzwasser aus Toiletten sehr hohe Konzentrationen organischer Stoffe. Es eignet sich damit zur Vergärung und Biogas-Produktion. Niedrig belastetes Grauwasser, das etwa beim Spülen oder Duschen anfällt, kann energieschonender behandelt und in die Umwelt zurückgeführt oder auch als Brauchwasser genutzt werden. Eine solche gezielte Rückgewinnung von Rohstoffen ermöglicht einerseits, Ressourcen zu schonen und andererseits die Entsorgungskosten zu senken.



Bei Neuartigen Sanitärsystemen (NASS) werden die verschiedenen Abwasserströme nicht vermischt. Auf diese Weise lassen sich Ressourcenkreisläufe schließen.

Der Einbau solcher NASS ist bislang jedoch nur mit größeren Eingriffen in die Bausubstanz von Gebäuden möglich. In Neubauten können die Abwässer am Ort der Erzeugung räumlich über spezielle Toilettensysteme und mehrere hausinterne Abwasserleitungen getrennt gehalten und abgeleitet werden. Die Installation der verschiedenen Leitungen in Bestandsgebäuden ist dagegen aufwändig. Hier setzt das Forschungsvorhaben AWAS an: Die Projektpartner konzipieren ein technisches System zur Trennung häuslicher Abwässer, das mit wenig Aufwand überall eingebaut werden kann.

### Abwasserweiche mit intelligenter Steuerung

Das technische System besteht im Kern aus einer Abwasserweiche, die das Grauwasser vom Schwarzwasser trennt. Die Weiche wird integriert in einen Zwei-Kammer-Abwasserschacht in unmittelbarer Gebäudenähe, der die beiden Teilströme anschließend getrennt sammelt. Eine sensorbasierte Steuerung entscheidet automatisch, ob gerade Grau- oder Schwarzwasser fließt. In einer Vakuumleitung werden die Abwasserteilströme dann zeitlich getrennt aus dem Zwei-Kammer-Schacht abgeleitet. Der Unterdruck aus dem zentralen Vakuumsystem bewegt wiederum die Abwasserweiche.

Durch den separaten Transport können die Nährstoffe aus dem hochkonzentrierten Abwasser rückgewonnen und wiederverwertet sowie zur Energieerzeugung genutzt werden. Die durch die Abwasserweiche erzielte Trennung der beiden Abwasserteilströme ermöglicht es, auf den Einbau von mehreren Leitungen in Gebäuden zu verzichten. Das neue System benötigt keine großen Eingriffe in

die Gebäudesubstanz und eignet sich somit auch für den Bestand.

### Halbtechnische Tests mit Prototyp

Um das neue System zu testen, entwickeln die Forschenden einen Prototyp. Er besteht aus Zweikammerschacht, pneumatisch angetriebener Abwasserweiche und einer Steuerung, die anhand real messbarer Daten entscheidet, welches Abwasser im Vorlageschacht ankommen und in welchem Tank das Abwasser gespeichert wird. Die Steuerung des Systems basiert auf Machbarkeitsanalysen in ausgewählten Beispielgebäuden in Thüringen. Dort werden die Einflüsse vielseitiger Faktoren, wie die Anzahl der Bewohner oder der Aufbau des Leitungsgefüges, untersucht. Darüber hinaus erproben die Projektpartner verschiedene Sensoren und Steuerungsvarianten und wählen diese für die Tests des Prototyps aus. Den Prototyp optimieren sie auf einen hohen Trenngrad hin.

Das neue System eignet sich sowohl für den heimischen Markt – insbesondere in ländlichen Gebieten, die vielfach noch nicht an eine Abwasserentsorgung angeschlossen sind – als auch für den Einsatz in wasserknappen Regionen im Ausland, in denen die Wasserwiederverwertung für die Versorgung der Bevölkerung eine wesentliche Rolle spielt.



Prototyp der Weiche mit Schacht, die im Technikum getestet wird

#### Fördermaßnahme

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

#### Projekttitel

Entwicklung einer Abwasserweiche und getrennten Abwassersammlung als Vorstufe einer effizienten Wasserwiederverwendung und Energiegewinnung (AWAS)

#### Förderkennzeichen

02WQ1435 A - E

#### Laufzeit

01.09.2018 – 31.08.2020

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

444.505 Euro

#### Kontakt

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

#### Projektpartner

KUBRA GmbH Industrie- und Kunststofftechnik, Oranienbaum-Wörlitz  
Materialforschungs- und -prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar, Weimar  
Synantik GmbH – Industrielle Mess- und Regelungstechnik, Ohrdruf  
VAB VakuumanlagenBau GmbH, Muldestausee

#### Internet

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

#### Herausgeber

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

#### Stand

Oktober 2019

#### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

Vorderseite: Bauhaus-Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme (b.is)

Rückseite: Stefanie Hörnlein, Bauhaus-Universität Weimar



# EARNINGS – Energiearme nutzungsorientierte Grauwasseraufbereitung

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

In Deutschland fallen pro Einwohner und Tag etwa 70 l Grauwasser an, beispielsweise aus Duschen, Waschbecken, Spültischen sowie Wasch- und Spülmaschinen. Das ist fast die Hälfte des täglich anfallenden Abwassers. Grauwasser ist frei von Fäkalien und nur gering verschmutzt und wäre für eine Wiederverwendung vor Ort gut geeignet. Dennoch wird es bisher meist mit hohem technischen Aufwand und Energiebedarf abgeleitet, gereinigt und anschließend ungenutzt in die Umwelt entlassen. Die Partner des Verbundprojekts EARNINGS entwickeln daher eine Kombination von Verfahren, um das Grauwasser vor Ort mit minimalem Energieverbrauch zu reinigen. Es kann anschließend direkt wiederverwendet werden – zur Bewässerung, Toilettenspülung und Autowäsche, als Poolwasser oder für Badeseen.

### Verfahren für Reinigung von Grauwasser verbessern

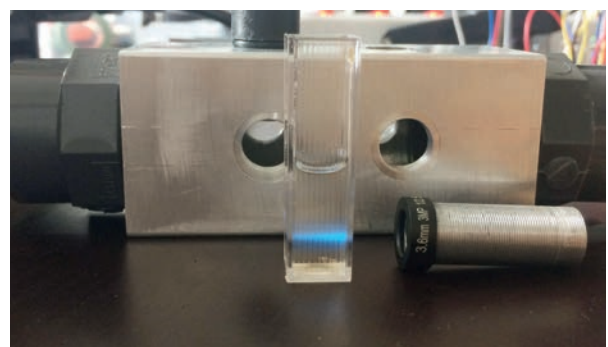
Nur gering verschmutztes Grauwasser mischt sich in der Kanalisation mit allen anderen Abwässern. Es entsteht ein gemischtes Abwasser mit deutlich höherer und komplexerer Verschmutzung, das aufwändiger in der Reinigung ist als Grauwasser allein. Im Gegensatz dazu kann eine getrennte Behandlung des Grauwassers wirtschaftliche und ökologische Vorteile bieten und eine direkte Wiederverwendung des gereinigten Wassers erlauben.

Bisher stehen dafür vor allem zwei Verfahren zur Wahl: Pflanzenkläranlagen und Kleinkläranlagen mit künstlicher Belüftung für die biologische Reinigung, sogenannte SBR-Anlagen. SBR steht für „Sequencing Batch Reactor“ oder „Sequentielle Biologische Reinigung“, eine Variante des konventionellen Belebtschlammverfahrens. Pflanzenkläranlagen benötigen jedoch viel Platz und eignen sich somit nur für große Grundstücke. Nachteil des SBR-Verfahrens ist der hohe Energieaufwand für die künstliche Belüftung. Aufgrund des hohen Platz- und Energiebedarfs sind bisherigen Technologien zur Grauwasserreinigung nur begrenzt anwendbar und in vielen Fällen nicht wirtschaftlich. Das Verbundprojekt EARNINGS zielt daher auf die Entwicklung eines kompakteren und energieeffizienten Verfahrens, das es ermöglicht, das gereinigte Grauwasser direkt vor Ort wiederzuverwenden.

### Modulares System: Kompakt und energieeffizient

Um dies zu erreichen, kombinieren die Projektpartner mehrere Verfahren zu einem modularen System. Die biologische Reinigung des Grauwassers erfolgt mit Mik-

roorganismen in einem neuentwickelten unbepflanzten Bodenfilter. Mehrere Filterböden sind übereinander angeordnet und ermöglichen eine unterirdische und somit platzsparende Bauform. Die Wasserverteilung geschieht allein über die Schwerkraft, und der Reinigungsprozess der Mikroorganismen benötigt keine zusätzliche Energie. Anschließend wird das Grauwasser durch eine sehr feine Filterung weiter aufbereitet. Hierbei setzen die Forschenden eine spezielle Membran ein, die bereits mit geringstem Druck verbleibende Stoffe und Mikroorganismen aus dem Wasser filtert. Dieses neue Membranverfahren benötigt deutlich weniger Energie und Wartungsaufwand als bisherige Verfahren.



Neuentwickelter biooptischer Sensor: Er entdeckt Mikroorganismen, die bei Bestrahlung mit Licht leuchten, in Echtzeit.

Um den Anlagenbetrieb zu überwachen und zu steuern, wird ein neuartiges Messverfahren entwickelt. Ein biooptischer Sensor entdeckt Mikroorganismen im Wasser über deren Fluoreszenz: d.h. sie leuchten, wenn sie mit Licht bestrahlt werden. Dadurch können die einzelnen Reinigungsschritte je nach Verschmutzung des Grauwassers einzeln angesteuert und auch eine UV-Desinfektion bei Bedarf

zugeschaltet werden. Je nachdem wie die Verschmutzung im Zulauf schwankt und wozu das gereinigte Wasser verwendet werden soll, erzeugt das System so die gewünschte Wasserqualität bei minimalen Betriebskosten.

### Pilotanlage liefert Wasser für Badesee

Die erste Demonstrationsanlage für das neuentwickelte Verfahren befindet sich im FEZ Berlin, Europas größtem gemeinnützigem Freizeitzentrum. Sie reinigt hier Duschabwasser, um damit später einen Badesee zu befüllen. Die Forschenden analysieren die einzelnen Reinigungsleistungen und das Zusammenspiel der Anlagenkomponenten und ermittelt die Grenzen der Belastbarkeit. Dies ist besonders für die spätere Vermarktung von Bedeutung.

Die entwickelte Verfahrenskombination kann in Einzelhäusern, Sportanlagen, Hotels und Gebäudekomplexen, vorzugsweise in wasserarmen Regionen, zum Einsatz kommen. Der Einsatzzweck reicht weit: Bewässerung, Toilettenspülung, Poolwasser, Autowaschanlagen oder Nachspeisen von Badeseen. Perspektivisch könnte auch stärker verschmutztes Abwasser energiesparend gereinigt und so eine vollständig dezentrale Entsorgung erreicht werden.



Demonstrationsanlage: Bodenfilter und Membrananlage sind kompakt in einem Kellerraum eingebaut.

#### Fördermaßnahme

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

#### Projekttitel

Energiearme nutzungsorientierte  
Grauwasseraufbereitung (EARNINGS)

#### Förderkennzeichen

02WQ1437 A-D

#### Laufzeit

01.02.2018 – 31.01.2020

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

782.793 Euro

#### Kontakt

Ecoglobe GmbH  
Julius Jacob, M.Sc.  
Bismarckstraße 10-12  
10625 Berlin  
Telefon: +49 (0) 30 692 00 14 12  
E-Mail: jacob@ecoglobe.de

#### Projektpartner

MARTIN Membrane Systems AG, Brüsewitz  
Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e.V., Berlin  
Technische Universität Berlin, FG Siedlungswasserwirtschaft, Berlin

#### Internet

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

#### Herausgeber

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

#### Stand

Oktober 2019

#### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

Vorder- und Rückseite: Ecoglobe GmbH, Berlin



# IsoAqua – Multi-Element-Isotopenanalyse für die Bewertung von Quellen und Abbauprozessen chlororganischer Schadstoffe im Wasserkreislauf

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Grundwasser ist eine der wichtigsten Trinkwasserressourcen in Europa. Im Untergrund gibt es jedoch hunderttausende schadstoffbelastete Altlasten, die aufwändig saniert werden müssen. Ein besonderes Problem stellen insbesondere chlororganische Schadstoffe dar. Diese sind in den letzten Jahrzehnten als Lösungsmittel, Pestizide und Arzneimittel in den Wasserkreislauf gelangt. Ziel des Verbundvorhabens IsoAqua ist es, neuartige Analyseverfahren zur Bewertung der Quellen und des Abbaus chlororganischer Schadstoffe im Grundwasser zu entwickeln. Darauf aufbauend lassen sich maßgeschneiderte Sanierungstechnologien, die den natürlichen Schadstoffabbau vorantreiben, durchführen und entscheidend verbessern.

### Isotopenanalyse als Basis für Sanierungsstrategien

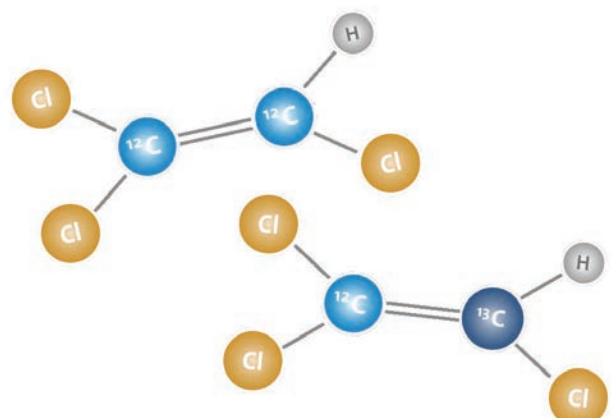
Chlororganische Verbindungen sind chemisch stabil, schwer abbaubar, giftig, teilweise krebserregend und potenziell erbgutverändernd. Umweltbehörden und Fachverbände fordern für Altlasten mit solchen gefährlichen Schadstoffen detaillierte Überwachungskonzepte, die als Grundlage für nachhaltige Sanierungsstrategien dienen. Zur Sanierung wird häufig der natürliche Schadstoffabbau genutzt und ggf. mit Zusatzstoffen unterstützt.

Eine Schlüsselmethode zur Kontrolle des Schadstoffabbaus ist die Analyse stabiler Isotope. Isotope sind Atome ein und desselben Elements, die sich nur durch die Zahl der ungeladenen Neutronen unterscheiden. Beispielsweise kann Kohlenstoff in seinem Atomkern neben seinen sechs Protonen 6 oder 7 Neutronen enthalten. Er hat dann das Atomgewicht 12 (leichtes Isotop) oder 13 (schweres Isotop).

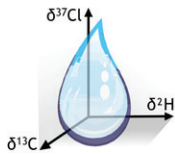
Für Schadstoffe aus Grundwasserproben können die Verhältnisse von schweren und leichten Isotopen bestimmt werden. Das Verhältnis ändert sich, wenn ein Schadstoff biologisch abgebaut wird. In der Altlastensanierung lässt dies Rückschlüsse auf den Grad des natürlichen Schadstoffabbaus im Grundwasser zu. Damit steht eine grundlegende Information für die Planung und Kontrolle energieeffizienter und kostensparender Sanierungstechnologien zur Verfügung, die das Verbundprojekt IsoAqua für seine Arbeiten nutzt.

Bei Altlasten mit chlororganischen Lösungsmitteln wird zur Abbaubewertung vor allem die Isotopenanalyse von

Kohlenstoff eingesetzt. Die Isotopenwerte anderer Elemente (z.B. Wasserstoff, H, und Chlor, Cl) liefern jedoch weitere wesentliche Informationen zu Schadstoffquellen und -abbauprozessen. Für die Chlor- und Wasserstoffisotopenanalyse existieren derzeit aber nur wenige anwendungsreife Methoden, insbesondere für Arzneimittelrückstände und Pestizide. Im Rahmen von IsoAqua werden daher innovative Verfahren für eine solche Multi-Element-Isotopenanalyse chlororganischer Umweltchemikalien entwickelt.

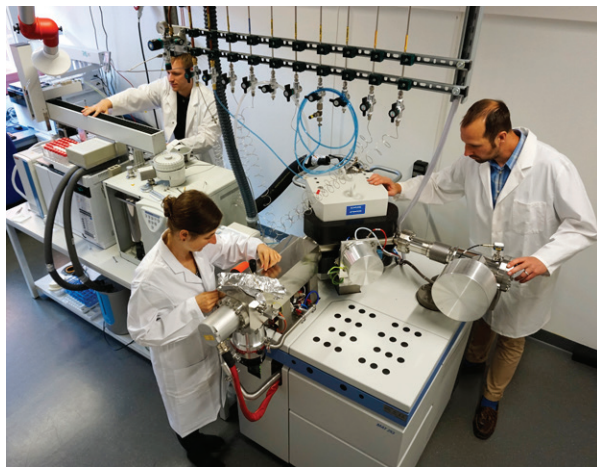


Molekülstruktur von Trichlorethen (TCE), einem der häufigsten chlororganischen Schadstoffe im Grundwasser. Das untere Molekül enthält das schwere Isotop  $^{13}\text{C}$  und wird daher langsamer abgebaut als das obere Molekül mit dem Isotop  $^{12}\text{C}$ .



## Verfahren erweitern und kombinieren

Die Projektpartner wollen verschiedene Verfahren der Kohlenstoff-, Wasserstoff- sowie Chlorisotopenanalyse auf neuartige Weise miteinander kombinieren. Die aufeinander abgestimmte, wechselseitige Anwendung der Verfahren ermöglicht wesentliche messtechnische Fortschritte. Verbesserungen sollen bei der Aufkonzentration und der analytischen Verarbeitung der Proben erzielt werden. Darüber hinaus können neue, weltweit nutzbare Referenzstandards für die Isotopenanalyse von Umweltchemikalien hergestellt werden.



Die Multi-Element-Isotopenanalyse von Schadstoffen erfolgt im Isotopenverhältnis-Massenspektrometer

tration und der analytischen Verarbeitung der Proben erzielt werden. Darüber hinaus können neue, weltweit nutzbare Referenzstandards für die Isotopenanalyse von Umweltchemikalien hergestellt werden.

## Neue Maßstäbe für Analyse chlororganischer Stoffe

IsoAqua wird neue Qualitätsmaßstäbe für die Isotopenanalyse chlororganischer Umweltchemikalien setzen. Durch die parallele Entwicklung von Isotopenstandards, neuen Gerätekomponenten und spezifischen Verfahren zur Probenvorbereitung kann ein wesentlich breiteres Substanzspektrum analysiert werden. Der Abbau chlorierter Schadstoffe lässt sich damit besser kontrollieren und mit bestimmten Technologien gezielt stimulieren. Dies führt zu energieeffizienten, mit geringen Emissionen verbundenen Sanierungsverfahren. Sie tragen dazu bei, die Grundwasserqualität und damit auch den Schutz der Trinkwasserressourcen zu verbessern.

### Fördermaßnahme

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

### Projekttitel

Multi-Element-Isotopenanalyse für die Bewertung von Quellen und Abbauprozessen chlororganischer Schadstoffe im Wasserkreislauf

### Förderkennzeichen

02WQ1481A-B

### Laufzeit

01.11.2018 – 31.10.2020

### Fördervolumen des Verbundprojektes

402.284 €

### Kontakt

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

### Projektpartner

Isodetect GmbH, Leipzig  
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung  
GmbH – UFZ, Leipzig

### Internet

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

### Herausgeber

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

### Stand

Oktober 2019

### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

### Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

### Bildnachweise

Vorderseite und Rückseite: Isodetect GmbH

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



# SimConDrill - Innovative Filtermodule für die Abscheidung von Mikroplastik aus Abwasser

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

**Mikroplastik – winzige Kunststoffteilchen – gelangt über verschiedene Wege in unsere Abwässer. Es herauszufiltern, stellt die Abwasserbetriebe vor große Herausforderungen. Im Verbundprojekt SimConDrill arbeitet eine Gruppe von fünf Partnern aus Industrie und Forschung daran, einen neuen Filter zu entwickeln, der Mikroplastik in Kläranlagen besser zurückhalten kann. Kleinste, mit Lasern gebohrte Löcher im Filter sollen es ermöglichen, bis zu 10 Mikrometer kleine Partikel – das entspricht einem Hunderstel Millimeter – effizient auch bei großen Wassermengen abzutrennen.**

### Filter mit winzigen Bohrlöchern durch neue Lasertechnik

Mikroplastik entsteht auf verschiedenen Wegen, z. B. als Abrieb von Fahrzeugreifen oder beim Waschen moderner Funktionstextilien. Dazu kommen noch bestimmte Kosmetikbestandteile, wo Mikroplastik als Füllstoff oder Bindemittel verwendet wird. Solche Teilchen gelangen früher oder später in unser Abwasser und stellen die regulären Klärwerke vor erhebliche Probleme. Gerade winzige Partikel unter einem halben Millimeter lassen sich kaum herausfiltern und landen damit im Wasserkreislauf. Über Fische und Meeresfrüchte, die wir verzehren, werden sie schließlich auch zum Teil unserer Nahrungskette.

Ziel des Verbundprojektes SimConDrill ist es daher, ein langlebiges Filtermodul zu entwickeln, das Mikroplastikpartikel sicher und verstopfungsfrei aus Abwässern abscheiden kann. Basis ist ein patentierter Zyklonfilter, der mit speziellen Metallfolien ausgestattet wird. Eine innovative Lasertechnik soll es den Forschenden ermöglichen, mit größter Präzision winzige Löcher in die Metallfolien zu bohren, sodass Mikroplastikteilchen bis zu 10 Mikrometer (einem Hunderstel Millimeter) aus dem Abwasser herausgefiltert werden können.

### Entwicklung und Herstellung eines Filterprototyps

Neben der Erarbeitung eines Prototyps des weiterentwickelten Zyklonfilters steht dessen Herstellungsprozess im Vordergrund von SimConDrill. Der Prototyp wird anschließend in einer Kläranlage in seiner Funktion getestet. Die Herausforderung für die Projektpartner liegt darin, Filterfolien aus Metall mit ausreichend kleiner Porengröße zu erzeugen und dabei gleichzeitig die Strömungseigenschaften des Filters zu optimieren. Zum Boh-

ren der Filter setzen sie daher Lasersysteme mit hoher Leistung und ultrakurzen Pulsen ein. Ultrakurzpuls-laser ermöglichen es im Gegensatz zu üblichen Verfahren, kleinere Löcher in Folien zu bohren. Die Anforderungen an die Bohrungen sind hoch: Bei Porendurchmessern unter einem hundertstel Millimeter soll der Durchsatz des Filters den großen Wassermengen im Klärwerk gerecht werden und robust funktionieren. Dies wird über eine möglichst hohe Porosität erreicht. Das heißt ein möglichst großer Teil der Filterfläche soll von Bohrlöchern eingenommen werden.



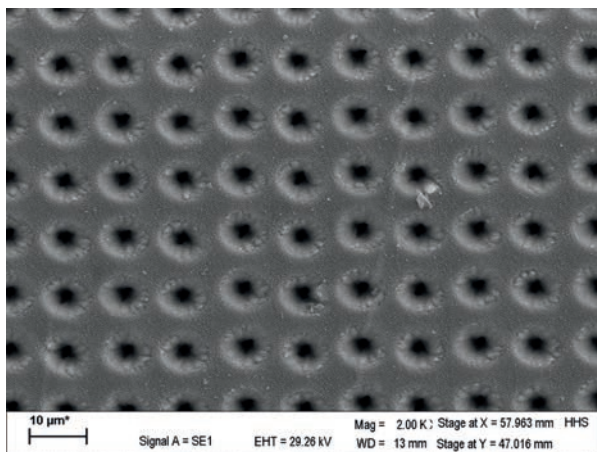
Ein Zyklonfilter mit neu entwickeltem Einsatz soll kleinste Mikroplastikteilchen aus Abwasser abtrennen

Zur Herstellung der Filterfolien entwickeln die SimConDrill-Partner den Bohrprozess mittels Ultrakurzpuls-laser anwendungsorientiert weiter. Um alle Parameter aufeinander abzustimmen und geeignete Bearbeitungsstrategien auszuwählen, kombinieren sie eine Prozesssimulation und eine Optimierungssoftware. Damit lässt sich der Vorgang realitätsnah am Computer erproben, bevor auch nur das erste Loch gebohrt wird.

Um Fehler bei der Herstellung der Filterfolien zu vermeiden, findet die Qualitätssicherung schon während des Bohrprozesses statt. Der derzeitige Stand der Technik sieht eine Vermessung der Bohrungen erst nach dem Bohrprozess vor. In SimConDrill wird dagegen ein Messkopf entwickelt, der in den Laserprozess integriert werden kann, um bereits bei der Bearbeitung Prozessabweichungen zu identifizieren und gegebenenfalls Fehlstellen zu verhindern.

## Praxistest im Klärwerk

Die Funktionsfähigkeit des neuentwickelten Zykonfilters wird u. a. in einem Klärwerk an realem Abwasser getestet. Eine Analyse des gereinigten Abwassers soll Aufschluss über Gehalt, Art und Größe von Mikroplastik geben. Die Verwertungsmöglichkeiten für den Zyklonfilter sind vielfältig: Außer dem Einsatz in Klärwerken sind mobile Anwendungen in Kanalspülwagen oder sogar Ausführungen für Privathaushalte denkbar. Auch die Reinigung von Ballastwasser bietet großes Potenzial.



Laserperforierter Filter in 15 µm dickem Aluminium

### Fördermaßnahme

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

### Projekttitel

Innovative Filtermodule für die Abscheidung von Mikroplastik aus Abwasser (SimConDrill)

### Förderkennzeichen

02WQ1479A-E

### Laufzeit

01.01.2019 – 30.06.2021

### Fördervolumen des Verbundprojektes

794.491 Euro

### Kontakt

Filtertechnik Georg Klass  
Georg Klass Jun.  
Bahnhofstraße 32c  
82299 Türkenfeld  
Telefon: +49 (0) 8193 / 939165  
E-Mail: info@klass-filter.de

### Projektpartner

Fraunhofer Institut für Lasertechnik, Aachen  
LaserJob GmbH, Fürstfeldbruck  
Lunovu GmbH, Herzogenrath  
OptiY GmbH, Estenfeld

### Internet

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

### Herausgeber

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

### Stand

Oktober 2019

### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

### Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

### Bildnachweise

Vorderseite: Filtertechnik Georg Klass  
Rückseite: Fraunhofer Institut für Lasertechnik

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





# SpheroFilt – Entwicklung eines unterbrechungsfreien und selbstreinigenden Filtersystems mit zirkulierender Glaskugelschüttung

## KMU-innovativ: Nachhaltiges Wassermanagement

Bei der Wasser- und Abwasseraufbereitung spielen mechanische Verfahren wie die Filtration, die Feststoffe aus einer Flüssigkeit abtrennen, eine wesentliche Rolle. Die Filtration ist bislang jedoch vor allem mit zwei Nachteilen verbunden: Hohe Filterleistungen sind mit einer häufigen Reinigung der Filterflächen und damit mit teuren Betriebsunterbrechungen verbunden. Weniger reinigungsintensive Systeme haben eine geringere Filtratausbeute und benötigen viel Energie. Ein Team aus Ingenieuren und Forschenden arbeitet im Verbundprojekt SpheroFilt an einem neuen Verfahren, das Feststoffe vollautomatisch und ohne Unterbrechung aus Prozess- und Abwässern filtert. Durch den Einsatz beweglicher, kugelförmiger Filtermedien wollen sie erstmals die Vorzüge bereits bestehender Filtertechnologien in einem System kombinieren und dabei Ressourcen und Betriebskosten bei der Aufbereitung sparen.

### Kombination von Filtrationsverfahren zu neuem System

Die mechanische Abtrennung von Feststoffen verschiedener Zusammensetzung, Herkunft und Größen ist ein wesentlicher Schritt bei der Wasseraufbereitung. Eine Filtration wird üblicherweise in zwei Betriebsarten durchgeführt: Als Dead-end Filtration, bei der die Flüssigkeit wie bei einem Kaffeefilter senkrecht zur Membranoberfläche zugeführt wird, so dass die zurückgehaltenen Teilchen an der Membranoberfläche verbleiben und eine Deckschicht bilden, den sogenannten Filterkuchen. Die Höhe dieses Filterkuchens nimmt mit der Filtrationszeit zu, sodass sich der Durchfluss durch die Membran verringert. Deshalb muss die Membran im Dead-end Betrieb regelmäßig durchgespült und gereinigt werden. Dies ist mit teils zeitintensiven und teuren Betriebsunterbrechungen verbunden. Bei Querstrom- (Cross-Flow-) Filtern wird die Bildung eines Filterkuchens zwar weitgehend vermieden. Sie haben jedoch eine geringere Filtratausbeute und benötigen viel Energie. Außerdem treten bei beiden Verfahren häufig Probleme mit Verblockungen durch Kalkablagerungen auf, die im laufenden Filterbetrieb nicht hinreichend entfernt werden können.

Diese Nachteile versuchen die Partner des Verbundprojektes SpheroFilt in den Griff zu bekommen. Sie kombinieren dazu die Vorteile der beiden bewährten Filtrationsverfahren zu einem neuen System, das als Filtermedium bewegliche Glaskugeln nutzt. Ziel von SpheroFilt ist es, ein marktreifes und skalierbares Filtersystem zu entwickeln, das in vielen Bereichen der Wasseraufbereitung – insbe-

sondere für anspruchsvolle Prozess- und Abwässer – eingesetzt werden kann.

### Glaskugeln als Filtermedium

Die Forschenden setzen dazu in den Filterkammern Glaskugeln mit unterschiedlichen Durchmessern ein, die quer zur Strömungsrichtung zirkulieren. Die Feststoffe werden vollautomatisch, hochkonzentriert und ohne Unterbrechungen aus dem Filtersystem abgeführt. Auf diese Weise können Energie, Wasser und Betriebskosten bei der Aufbereitung eingespart werden.



Das Projekt SpheroFilt setzt Glaskugeln als neues Filtermedium zur Wasseraufbereitung ein

Grundlegende Funktionen des Filters wollen die Projektpartner zunächst mithilfe einzelner Tests im Labor- und anschließend mit unterschiedlichen Prüfständen im Technikumsmaßstab erproben und bewerten. Hierbei stehen

neben der Filtrationsleistung insbesondere die Reinigung und der Transport des Filtermediums im Fokus. Auf Grundlage dieser Untersuchungsergebnisse soll schließlich ein Prototyp gebaut und unter Praxisbedingungen in der Abwasseraufbereitung einer Aquakultur getestet werden.

### Lösung für viele Anwendungen und Branchen

Nach Ende der Projektlaufzeit wollen die Partner ein marktreifes Filtersystem präsentieren. Es soll anwendungsunabhängig und skalierbar eingesetzt werden können und sich somit für das gesamte Spektrum der mechanischen Filtration und viele Branchen eignen. Aufgrund der breiten Einsatzfähigkeit und der Glaskugeln als äußerst kostengünstigem Filtermedium rechnen die Projektbeteiligten mit einer hohen Nachfrage.



Prüfstand zur Untersuchung der Filtrationsleistung unterschiedlicher Glaskugelkonfigurationen

#### Fördermaßnahme

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

#### Projekttitel

Entwicklung eines unterbrechungsfreien und selbstreinigenden Filtersystems mit zirkulierender Glaskugelschüttung (SpheroFilt)

#### Förderkennzeichen

02WQ1480A-C

#### Laufzeit

01.10.2018 – 31.03.2021

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

671.000 Euro

#### Kontakt

Hydroisotop GmbH  
Dipl.-Ing. (FH) Peter Rose  
Woelkestraße 9  
85301 Schweitenkirchen  
Telefon: +49 (0) 8444 9289 0  
E-Mail: pr@hydroisotop.de

#### Projektpartner

ATN Wasseraufbereitung e.K., Mönshheim  
Technische Universität München, Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und molekulare Sensorik, Freising

#### Internet

[www.hydroisotop.de/index.php/forschung/projekte/spherofilt/](http://www.hydroisotop.de/index.php/forschung/projekte/spherofilt/)

#### Herausgeber

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

#### Stand

Oktober 2019

#### Text

Projektträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Gestaltung und Redaktion

Projektträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

Vorder- und Rückseite: Sigmund Lindner GmbH



# UltraSep – Innovatives Verfahren zur stofflichen und energetischen Verwertung von Klärschlamm

## KMU-innovativ: Ressourceneffizienz und Klimaschutz

Klärschlamm enthält viele wichtige Wertstoffe, die bislang nicht optimal genutzt werden. Ein neuartiges Behandlungsverfahren soll es ermöglichen, den Klärschlamm mit Hilfe von Ultraschall besser aufzuschließen. Die Inhaltsstoffe können so leichter voneinander getrennt und anschließend zurückgewonnen werden. Sie lassen sich im Sinne einer nachhaltigen, umweltschonenden und wirtschaftlichen Kreislaufführung wiederverwerten. Die Partner des Verbundprojekts UltraSep testen und optimieren das Verfahren unter Realbedingungen auf einer Kläranlage.

### Klärschlamm liefert Phosphor und andere Wertstoffe

Klärschlamm ist ein Gemisch aus vielen verschiedenen Stoffen. Hauptsächlich sind darin Wasser, organische Substanzen, Stickstoff- und Phosphorverbindungen enthalten. Allein in Deutschland sind in industriellen und kommunalen Kläranlagen im Jahr 2015 gut 1,8 Mio. t Klärschlämme angefallen. Bislang werden sie vor allem landwirtschaftlich verwertet oder verbrannt. Die 2017 geänderte Klärschlammverordnung richtet die Klärschlammverwertung jedoch neu aus und verlangt, dass aus den Schlämmen mittelfristig Phosphor zurückgewonnen werden muss. Das Element hat die EU-Kommission als kritischen Rohstoff eingestuft.

Das Verbundprojekt UltraSep setzt an dieser Herausforderung an. Sein Ziel ist es, die im Klärschlamm enthaltenen Wertstoffe, insbesondere Phosphor, durch ein neuartiges Ultraschallverfahren so zugänglich zu machen, dass sie im Anschluss in weiteren Schritten zurückgewonnen und wiederverwertet werden können. Neben Phosphor soll das neue Verfahren cellulosereiche Fasern, ein nährstoffreiches Gel sowie eine leicht vergärbare Flüssigkeit liefern, die jeweils für weitere Nutzungen zur Verfügung stehen. Das Abfallprodukt Klärschlamm wird somit zu einem Ausgangsstoff, aus dem sich viele verwertbare Produkte gewinnen lassen.

### Ultraschall als Basis für Rückgewinnung

Im Mittelpunkt des Verfahrens steht eine neuartige und patentierte sogenannte Ultraschall-Kavitations-Einheit. Ein spezieller Ultraschallgeber bewirkt, dass durch den ständigen Druckwechsel im Klärschlamm unzählige, winzige Blasen entstehen – ein Effekt, der auch als Kavitation bezeichnet wird.



Das Kernstück des Behandlungsverfahrens: Die Ultraschall-Kavitations-Einheit

Die Mikrobläschen wachsen binnen Sekundenbruchteilen auf ein Vielfaches ihrer ursprünglichen Größe an und fallen daraufhin in sich zusammen. Dies ruft verschiedene physikalische und chemische Effekte hervor, die die Strukturen des Klärschlammes auseinanderreißen. Sowohl der extrem hohe Leistungseintrag der neuen Ultraschalltechnik als auch die einzustellenden Prozessparameter wie Temperatur und pH-Wert spielen dabei eine entscheidende Rolle.

Durch den effektiven Aufschluss des Klärschlammes lassen sich in Folgeschritten die voneinander getrennten Stoffströme weiter aufbereiten. So sind die gewonnenen Fasern energetisch als Ersatz für herkömmliche Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung wie auch stofflich als Werkstoff für ein neues Produkt oder als Rohstoffersatz verwertbar. Das nährstoffreiche Gel kann als Zusatzstoff

beispielsweise für Düngemittel eingesetzt werden. Aus der abgetrennten Flüssigkeit mit ihrem hohen Anteil an gelösten organischen Stoffen kann im Vergleich zu unbehandeltem Rohschlamm deutlich einfacher Biogas gewonnen werden. Darüber hinaus lassen sich die enthaltenen Phosphor- und Stickstoffverbindungen abscheiden und somit recyceln.



Mit Hilfe von Ultraschall können aus Klärschlamm u. a. cellulosehaltige Fasern gewonnen werden. Diese lassen sich recyceln oder für die Gewinnung von Strom und Wärme nutzen.

### Optimierung unter Realbedingungen

Das neue Verfahren wird in einer Pilotanlage, die sich auf einem kommunalen Klärwerk im nordrhein-westfälischen Hückeswagen befindet, getestet und verbessert. Dabei wollen die Projektpartner die Prozessparameter in ihren Wechselwirkungen untersuchen. Daraus leiten sie Optimierungsmöglichkeiten ab und überführen das Behandlungsverfahren so schrittweise in den Dauerbetrieb. Gleichzeitig erarbeiten die Forschenden Verwertungskonzepte für die entstehenden Stoffströme.

#### Fördermaßnahme

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

#### Projekttitel

Innovatives Verfahren zur stofflichen und energetischen Verwertung von Klärschlamm (UltraSep)

#### Förderkennzeichen

02WQ1398A-C

#### Laufzeit

01.09.2018 – 31.08.2021

#### Fördervolumen des Verbundprojektes

481.400 Euro

#### Kontakt

AQUATTRO GmbH  
Alexander Hoffmann  
Hagener Straße 62  
58553 Halver  
Telefon: +49 (0) 2351 65833 227  
E-Mail: info@aquattro.de

#### Projektpartner

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Oberhausen  
Wupperverbandsgesellschaft für integrale Wasserwirtschaft mbH (WiW), Wuppertal

#### Internet

www.aquattro.de

#### Herausgeber

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

#### Stand

Oktober 2019

#### Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

#### Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

#### Bildnachweise

Vorderseite: AQUATTRO GmbH  
Rückseite: Fraunhofer UMSICHT

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