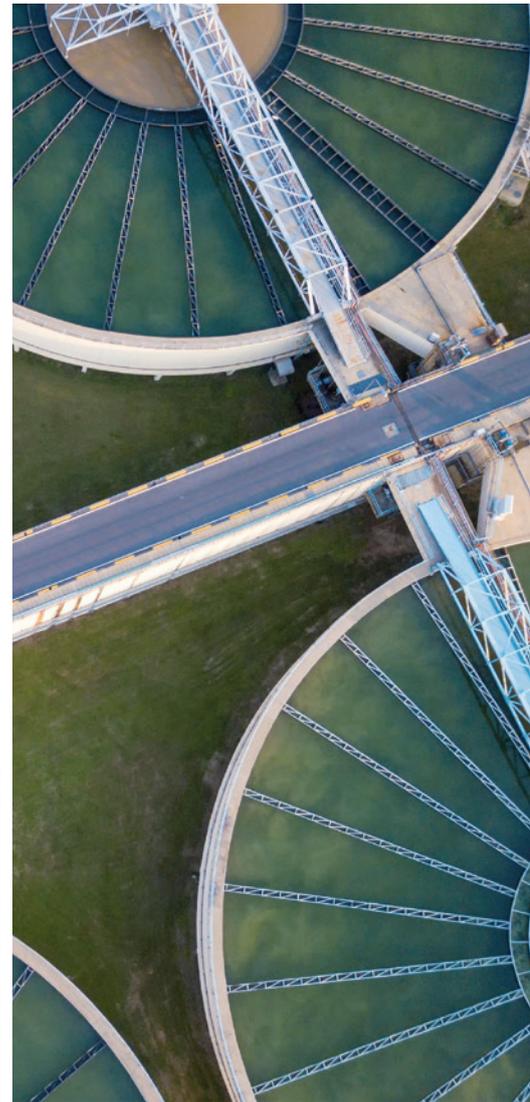


Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

Wave

Wassertechnologien: Wiederverwendung



Wassertechnologien: Wiederverwendung

Vorstellung der Verbundprojekte

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA

Nachhaltiges Wassermanagement

IMPRESSUM

Herausgeber:



DECHEMA e.V.
Theodor-Heuss-Allee 25
60486 Frankfurt am Main

Ansprechpartner für die BMBF-Fördermaßnahme „Wassertechnologien: Wiederverwendung“ (WavE II):

Beim BMBF:
Dr. Helmut Löwe
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat 726 – Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung
53170 Bonn

Beim Projektträger:
Dr.-Ing. Markus Delay
Projektträger Karlsruhe (PTKA)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Editor:

Vernetzungs- und Transfervorhaben der BMBF-Fördermaßnahme „Wassertechnologien: Wiederverwendung“ (WavE II)

Verantwortlich im Sinne des Presserechts:

Dr. Thomas Track
DECHEMA e.V.
Tel.: +49 (0)69 7564-427
Fax: +49 (0)69 7564-117

Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Förderkennzeichen: 02WAV1400

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren der einzelnen Beiträge.
Die Broschüre ist nicht für den gewerblichen Vertrieb bestimmt.

Erschienen im Juli 2021
zur Auftaktveranstaltung der BMBF-Fördermaßnahme „Wassertechnologien: Wiederverwendung“ (WavE II)

Bildnachweise:

Titelseite: v.l. © shutterstock_549967909; AdobeStock_104018185; shutterstock_1024670731

Seite 4: iStock_1142265929

BMBF-Fördermaßnahme Wassertechnologien: Wiederverwendung (WavE II)

Hintergrund und Ziele	4
Struktur der Fördermaßnahme	5
Untersuchungsstandorte der Verbundprojekte	6
Übersicht der Verbundprojekte	7

Vorstellung der Verbundprojekt**Kreislaufführung von industriell genutztem Wasser**

FITWAS	8
Med-zeroSolvent	10
RIKovery	12
NERA	14
WEISS_4PN	16
ReWaMem	18

Aufbereitung von salzhaltigem Grund- und Oberflächenwasser

innovatION	20
SULFAMOS	22
HaSiMem	24

Wasserwiederverwendung durch Nutzung von behandeltem kommunalem Abwasser

Nutzwasser	26
FlexTreat	28
PU ₂ R	30
HypoWave+	32

Hintergrund und Ziele



Wasser wird in vielen Regionen der Erde knapp – nicht nur in klassischen trockenen Gebieten. Es stellt eine immer größere globale Herausforderung dar, Haushalte, Landwirtschaft und Industrie bedarfsgerecht mit Wasser versorgen zu können. Der Wasserbedarf wird sich in den kommenden Jahren weltweit drastisch erhöhen. Gleichzeitig ist bereits heute die Verfügbarkeit von Wasser stark begrenzt und regional sogar rückläufig. Hierzu tragen unter anderem die Verschmutzung und Übernutzung von Wasserressourcen, der Klimawandel sowie die ungleiche Verteilung der Wasservorräte maßgeblich bei.

Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Fördermaßnahme „Wassertechnologien: Wiederverwendung“ (WavE II) auf den Weg gebracht. Sie läuft seit Februar 2021 und baut auf der Fördermaßnahme „Zukunftsfähige Technologien und Konzepte zur Erhöhung der Wasserverfügbarkeit durch Wasserwiederverwendung und Entsalzung“ (WavE) auf, die bereits 2016 startete.

Ziel beider Fördermaßnahmen ist es, innovative Technologien, Betriebskonzepte und Managementstrategien zur Wasserwiederverwendung und Entsalzung zu entwickeln, um die Wasserverfügbarkeit nachhaltig zu erhöhen. In der Fördermaßnahme „Wassertechnologien: Wiederverwendung“ stehen nun auch Reallabore, Standardisierung und die Potenziale der Digitalisierung stärker im Fokus.

Verbundprojekte mit Partnern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Praxis sowie ein Vernetzungs- und Transfervorhaben sollen mit ihren Forschungs- und Entwicklungsarbeiten dazu beitragen, Wasser effizienter zu nutzen sowie alternative Wasserressourcen für verschiedene Sektoren zu erschließen.

Die Untersuchungen und Entwicklungen erfolgen unter praxisnahen Bedingungen und beziehen auch Demonstrationsanlagen im technischen Maßstab mit ein. Besondere Bedeutung kommt der Übertragbarkeit der technologischen und konzeptionellen Ansätze auf andere Standorte mit ähnlichen Randbedingungen zu – auch im Hinblick auf die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen auf dem internationalen Technikmarkt und die erfolgreiche Anwendung für Lösungen „made in Germany“.

Struktur der Fördermaßnahme

Das BMBF fördert im Rahmen von „Wassertechnologien: Wiederverwendung“ (WavE II) 13 Verbundprojekte und ein Vernetzungs- und Transfervorhaben, die sich in dieser Pro-

gramm-begleitenden Broschüre zur Auftaktveranstaltung vorstellen.

Die Forschungsschwerpunkte können den drei folgenden Themenfeldern zugeordnet werden:



Wasserwiederverwendung durch Nutzung von behandeltem kommunalem Abwasser



Kreislaufführung von industriell genutztem Wasser



Aufbereitung von salzhaltigem Grund- und Oberflächenwasser

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten werden von einem **Lenkungskreis** als begleitendem Gremium unterstützt, dem neben den Koordinatorinnen und Koordinatoren der Verbundprojekte auch externe Fachleute aus der wasserwirtschaftlichen Praxis angehören. Der Lenkungskreis fungiert als Schnittstelle zwischen Forschung und Praxis und dient dem direkten Wissens- und Informationsaustausch.

Die Fördermaßnahme wird durch ein **Vernetzungs- und Transfervorhaben** unterstützt, das allen Akteuren bei der Abwicklung der Fördermaßnahme zur Seite steht. Als zentrale Schnittstelle soll das Vernetzungs- und Transfervorhaben den Dialog zwischen BMBF, dem Projektträger, dem Lenkungskreis und den Verbundprojekten sowie mit der (Fach-) Öffentlichkeit fördern. Damit dient das Vorhaben insbesondere der themenübergreifenden Vernetzung der Verbundprojekte (intern und extern) und unterstützt den Ergebnistransfer zwischen den Projekten und in die Praxis (national – europäisch – international).

Für das Vernetzungs- und Transfervorhaben ist die DECHEMA e.V. verantwortlich.

Kontakt Vernetzungs- und Transfervorhaben:

Dr. Thomas Track

E-Mail: thomas.track@dechema.de

Dr. Christina Jungfer

E-Mail: christina.jungfer@dechema.de

Sabrina Giebner

E-Mail: sabrina.giebner@dechema.de



Untersuchungsstandorte der Verbundprojekte



Übersicht der Verbundprojekte



Themenfeld: Wasserwiederverwendung durch Nutzung von behandeltem kommunalem Abwasser

1 FlexTreat

Flexible und zuverlässige Konzepte für eine nachhaltige Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft

Koordination:

Prof. Dr.-Ing. Thomas Wintgens, RWTH Aachen, Aachen

2 HypoWave+

Implementierung eines hydroponischen Systems als nachhaltige Innovation zur ressourceneffizienten landwirtschaftlichen Wasserwiederverwendung

Koordination:

Prof. Dr.-Ing. Thomas Dockhorn, TU Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, Braunschweig

3 Nutzwasser

Nutzwasserbereitstellung und Planungsoptionen für die urbane und landwirtschaftliche Bewässerung (Nutzwasser als alternative Wasserressource)

Koordination:

Prof. Jörg E. Drewes, TU München – Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft, München

4 PU₂R

Point-of-Use Re-Use: Dezentrale landwirtschaftliche Wiederverwendung von häuslichem Abwasser zur Verringerung von Nutzungskonkurrenzen

Koordination:

Dr. Aki Sebastian Ruhl, Umweltbundesamt, Berlin



Themenfeld: Kreislaufführung von industriell genutztem Wasser

5 FITWAS

Wiederverwendung von Filterspülwässern aus der Grundwasseraufbereitung zur Sicherung der Trinkwasserversorgung

Koordination:

Dr. Barbara Wendler, DVGW-Forschungsstelle an der TU Hamburg, Hamburg

6 Med-zeroSolvent

Neue Wege im medizintechnischen Wassermanagement – Etablierung innovativer Methoden für die abwasserfreie Produktion durch energieeffiziente Behandlung von stark belasteten Prozesswässern aus der Membranherstellung

Koordination:

Prof. Peter Krebs, TU Dresden – Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Dresden

7 NERA

Null-Emission Rohwasserproduktion in der Automobilindustrie

Koordination:

Prof. Dr.-Ing. Michael Sievers, CUTEC Forschungszentrum der TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld

8 ReWaMem

Recycling von Wäschereiabwasser zur Wiederverwendung des Abwassers mittels keramischer Nanofiltration

Koordination:

Sebastian Auer, Kompetenznetzwerk Wasser und Energie e.V., Hof

9 RIKovery

Recycling von industriellen salzhaltigen Wässern durch Ionentrennung, Konzentrierung und intelligentes Monitoring

Koordination:

Dr. Yuliya Schießler, Covestro Deutschland AG, Leverkusen

10 WEISS_4PN

Integrative Anwendung von Innovationen und digitales Kühlleistungsmanagement zur Reduzierung des Wasserbedarfs in der Stahlproduktion

Koordination:

Dr. Angela Ante, SMS group GmbH, Hilchenbach



Themenfeld: Aufbereitung von salzhaltigem Grund- und Oberflächenwasser

11 HaSiMem

Wasserrückgewinnung aus Haldensickerwässern auf der Basis von Membrandestillationsprozessen und Kopplung mit Kristallisation

Koordination:

Agustin Garrido Calderero, K-UTEC AG Salt Technologies, Sondershausen

12 innovatION

Selektive Entfernung monovalenter Ionen aus salzhaltigen Wässern für die Grundwasseranreicherung und Trinkwasseraufbereitung

Koordination:

Prof. Dr.-Ing. André Lerch, TU Dresden, Dresden

13 SULFAMOS

Sulfatabreicherung mittels Vorwärtsosmose und Hohlfasertauchmodulen

Koordination:

Dr. Roland Mayer, G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH, Halsbrücke bei Freiberg

FITWAS

Wiederverwendung von Filterspülwässern aus der Grundwasseraufbereitung zur Sicherung der Trinkwasserversorgung

Kurzbeschreibung

Im FITWAS-Projekt kooperieren eines der größten deutschen Wasserversorgungsunternehmen (Hamburg Wasser) und das Wasserversorgungsunternehmen mit dem größten Versorgungsgebiet in Deutschland (OOWV) mit einer Wasserforschungseinrichtung (DVGW-Forschungsstelle TUHH) und zwei Technologieunternehmen (CERAFILTEC und PHL) sowie dem Umweltbundesamt, um die Wiederverwendung von Filterspülwässern aus der Grundwasseraufbereitung voranzubringen und damit einen Beitrag zur Sicherung der Wasserversorgung zu leisten.

Ziel des FITWAS-Projektes ist es zum einen, durch die Wiederverwendung von Filterspülwässern aus der Grundwasseraufbereitung die Verfügbarkeit von Trinkwasser zu erhöhen. Hierzu soll ein umfassendes Betriebskonzept einschließlich eines neuartigen Membranverfahrens entwickelt werden. Zum anderen gilt es, das hohe Verwertungspotenzial zu heben, das der Filterschlamm birgt.

In der Grundwasseraufbereitung in Deutschland fallen aktuell Filterspülwässer zwischen 1% und 4% der gehobenen Grundwässer an. Diese eisen- und manganhaltigen Filter-

spülwässer werden derzeit i.d.R. als Abwasser entsorgt und gehen damit der Trinkwasserversorgung verloren. Gleichzeitig steigt der Trinkwasserbedarf regional deutlich, als Folge des Klimawandels und eines anhaltenden Strukturwandels.

Um innovative und umsetzbare Verfahren des Recyclings von Filterspülwässern sowie der Verwertung von Filterschlämmen zu entwickeln, werden in FITWAS Membranverfahren mit unterschiedlichen Verfahrenskonzepten und Membranmodulen/-materialien im Vergleich zur konventionellen Aufbereitung (z.B. Sandfiltration) bzw. Entsorgung untersucht. Praxisarbeiten erfolgen sowohl im Labor als auch an vier unterschiedlichen Wasserwerksstandorten. In einem innovativen Ansatz kommt ein Verfahren auf Basis getauchter keramischer Membranen zum Einsatz, das Vorteile im Energieverbrauch und der Betriebsstabilität erwarten lässt.

Ziele

Ausgehend vom übergeordneten Projektziel der Verfahrensentwicklung für die Wiederverwendung von Filterspülwässern und Verwertung von Filterschlämmen wird im Projekt auf die folgenden wissenschaftlichen und technischen Arbeitsziele hingearbeitet.



Mit Filterschlamm gefülltes Absatzbecken. Quelle: Hamburg Wasser.



Es soll eine Empfehlung erarbeitet werden, welche Verfahrenskonfiguration der Membranfiltration unter welchen Randbedingungen zur Aufbereitung von Filterspülwässern aus der Grundwasseraufbereitung geeignet ist (Druck-Membranfiltration versus Unterdruck-Membranfiltration, unterschiedliche Membranmaterialien und Modulformen).

Die erzielbare Filtratqualität soll beschrieben und die Rückführbarkeit des Filtrats in den aufzubereitenden Rohwasserstrom auch unter rechtlichen Aspekten bewertet werden. Parallel sollen Verwertungsoptionen für den Filterschlamm evaluiert und getestet werden.

Betriebsparameter einschließlich Reinigungsstrategien für den stabilen und energieeffizienten Betrieb der Membranfiltration zur Filterspülwasser-Rückgewinnung sollen erarbeitet werden.

Die möglichen Maßnahmen für eine nachhaltige Umsetzung sollen schließlich für deutsche Wasserversorgungsunternehmen abgeleitet werden. Dabei kommt der Speicherung der Filterspülwasser sowie den Aufbereitungswegen des Filterschlammes eine besondere Bedeutung zu.

Arbeitsschwerpunkte

Der erste Arbeitsschwerpunkt liegt bei Laborversuchen zur Bestimmung der Konfiguration eines Membranverfahrens, mit der das Filterspülwasser mit geringem Energieaufwand und hoher Betriebsstabilität filtriert werden kann. Es werden Verfahren mit Unterdruck- und Druck-Filtration sowie Verfahren mit In-Out bzw. Out-In Beaufschlagung der Membranen vergleichend getestet, mit konventionellen und neuartigen keramischen Membranen. Die erzielbare Filtrationsleistung in Abhängigkeit von Betriebsparametern wie Filtratflux, benötigter Transmembrandruck (Energiebedarf), Rückspülungsbedarf sowie Ausbeute wird evaluiert.

Laufzeit

01.02.2021 – 31.01.2024

Koordination:

Dr. Barbara Wendler
DVGW-Forschungsstelle TUHH (DVGW-TUHH)
Am Schwarzenberg-Campus 3, 21073 Hamburg
E-Mail: barbara.wendler@tuhh.de

Webseite

www.tuhh.de/www/fitwas

Verbundprojektpartner

CERAFILTEC Germany GmbH Blue Filtration, Saarbrücken
Hamburger Wasserwerke GmbH (HWW), Hamburg
Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband (OOWV), Brake
PHL Substratkontor GmbH & Co. KG (PHL), Friesoythe
Umweltbundesamt (UBA), Berlin

In Praxisversuchen an vier Wasserwerksstandorten werden die jeweils geeigneten Konfigurationen von Membranverfahren im Vergleich zwischen polymeren und keramischen Membranen untersucht. Belastbare Daten für die Filtrationsleistung im Praxisbetrieb und den Reinigungsbedarf werden bestimmt.

Diese Versuche liefern die Daten zum einen für die Bewertung der Qualität des rückgewonnenen Wassers und der Rückführbarkeit in den Rohwasserstrom. Zum anderen wird der aufkonzentrierte Filterschlamm aus den Praxisversuchen weiter aufbereitet. Die Qualität des aufkonzentrierten und entwässerten/getrockneten Filterschlammes wird bewertet und Verwertungsoptionen werden erarbeitet.

Arbeitspaket (AP)	Titel	Verantwortliche
AP 1	Innovative Verfahrens- und Betriebsstrategien zur Filterspülwasser-Rückgewinnung	Dr. Barbara Wendler, DVGW-TUHH
AP 2	Praxisversuche zur Aufbereitung von Filterspülwässern	Dorothea Mergel, HWW
AP 3	Qualität des rückgewonnenen Wassers und Wiederverwendbarkeit	Dr. Aki Sebastian Ruhl, UBA
AP 4	Qualität des Filterschlammes und Verwertbarkeit	Kerstin Krömer, OOWV
AP 5	Ergebnisverwertung	Dr. Miriam Sartor, CERAFILTEC
AP 6	Projektkoordination, Datenaustausch, Projekttreffen, Berichte	Dr. Barbara Wendler, DVGW-TUHH

Med-zeroSolvent

Neue Wege im medizintechnischen Wassermanagement – Etablierung innovativer Methoden für die abwasserfreie Produktion durch energieeffiziente Behandlung von stark belasteten Prozesswässern aus der Membranherstellung

Kurzbeschreibung

Die Dialyse ist eine der wichtigsten Formen der Nierenersatztherapie. Weltweit gibt es gegenwärtig etwa sieben Millionen dialysepflichtige Patienten. Der Bedarf zur Dialyse wird weiterhin steigen, zum einen als Folge der Zunahme von akuten und chronischen Nierenerkrankungen, zum anderen durch die Verbesserung der Therapiebedingungen sowohl in Industriestaaten als auch in Entwicklungs- und Schwellenländern, wobei in den letzten beiden Fällen noch erheblicher Bedarf besteht.

In der Nierenersatztherapie eingesetzte Dialysemembranen werden hauptsächlich aus synthetischen Polymeren hergestellt. Dabei werden während des Produktionsprozesses stickstoffhaltige Lösungsmittel wie N,N-Dimethylacetamid (DMAc) oder N-Methylpyrrolidon (NMP) eingesetzt. Ein großer Teil der Lösungsmittel wird zwar innerbetrieblich zurückgewonnen, bspw. durch Destillationsverfahren, dennoch fallen lösungsmittelhaltige Konzentrate und Abwässer an, die zum Teil unter hohem Energieaufwand in externen Behandlungsanlagen thermisch entsorgt werden. Durch die wachsende Bedeutung der Dialyse steigen sowohl der Ressourcenbedarf für die Herstellung von Dialysatoren als auch der Bedarf zur Behandlung der Reststoffe. Der Fokus des Projektes Med-zeroSolvent liegt damit folgerichtig auf der Untersuchung von Möglichkeiten zur Senkung der bei der Abwasser- und Konzentratbehandlung entstehenden Emissionen und in der Minderung des Frischwasserbedarfs.

Ziele

Das wesentliche Projektziel besteht in der Entwicklung eines energieoptimierten, mehrstufigen Verfahrens zur Aufbereitung lösungsmittelhaltiger Prozesswässer aus der Membranherstellung, mit der Möglichkeit, aufbereitete Prozesswässer im Kreislauf zurück in den Herstellungsprozess zu führen. Neben technischen Biofilm- und Membranverfahren sind angepasste, naturnahe Behandlungsverfahren wesentliches Kernelement der zu entwickelnden Verfahrenskombination. Zur Einsparung von Frischwasser wird als zweite Komponente neben der Kreislaufführung gereinigter Abwässer, die Bewirtschaftung von Niederschlagswässern untersucht. Die konsequente Umsetzung von Maßnahmen an der Quelle, d. h. die Vor-Ort-Behandlung der Prozesswässer in einer Betriebskläranlage, verhindert die Verlagerung umweltkritischer Substanzen auf kommunale Kläranlagen.

Zur Einsparung von Frischwasser wird als zweite Komponente neben der Kreislaufführung gereinigter Abwässer, die Bewirtschaftung von Niederschlagswässern untersucht. Die konsequente Umsetzung von Maßnahmen an der Quelle, d. h. die Vor-Ort-Behandlung der Prozesswässer in einer Betriebskläranlage, verhindert dabei die Verlagerung umweltkritischer Substanzen auf kommunale Kläranlagen. Im Fokus steht dabei die Überwachung der im Produktionsprozess eingesetzten chemischen Substanzen und ihrer primären Abbauprodukte, aber auch die Bewertung des behandelten Abwassers durch ökotoxikologische Untersuchungen. Unabhängig von der konkreten Situation vor Ort sollen skalierbare Behandlungsmodule entwickelt werden, die neben dem untersuchten Anwendungsfall, zur Behandlung von Abwässern mit ähnlicher Beschaffenheit eingesetzt werden können.



Bisher zur kommunalen Abwasserbehandlung eingesetzte naturnahe Verfahren sollen im Projekt an die spezifischen Randbedingungen angepasst und als ein wesentliches Kernelement neben technischen Verfahren eingesetzt werden. Quelle: Thomas Schalk.

Arbeitsschwerpunkte

Eine wesentliche Grundlage des Projektes stellen Prozessanalysen (Wasser/Abwasser, Wärme) in den zu untersuchenden Werken dar. Dabei werden die Grundlagen für die folgenden Entwicklungsschritte gelegt. Parallel dazu werden die für eine technische Umsetzung zu klärenden wasser- und emissionsrechtlichen Anforderungen mit den zuständigen Behörden erörtert.

Zur bedarfsgerechten Bewirtschaftung des aufbereiteten Prozesswassers wird ein Wassermanagementsystem entwickelt, in dem der Wasserbedarf, die zur Verfügung stehende Prozesswassermenge und die Qualitätsanforderungen mit der Belastung der Prozesswasserbehandlungsanlage gekoppelt werden.

Einen Schwerpunkt bildet die Etablierung von im Betriebsablauf nutzbaren Methoden zum Nachweis der relevanten Substanzen. Darauf aufbauend wird eine mit geringem Zeitaufwand im Labor durchführbare Prüfmethodik entwickelt. Die Effektivität der untersuchten Verfahren zum Rückhalt kritischer Substanzen und ihrer Metaboliten wird durch ökotoxikologische Untersuchungen bestimmt. Zusätzlich werden Untersuchungen zum Auftreten bzw. Rückhalt von Mikroplastik und Bisphenol A durchgeführt.

Zur Technologieauswahl werden Versuche im Labor- und Pilotmaßstab durchgeführt. Im Mittelpunkt stehen technische und naturnahe Biofilmverfahren sowie anaerobe Verfahren. Anhand der Ergebnisse werden Verfahrensketten erstellt, die für das Erreichen der definierten Nutzungsziele erforderlich sind und die mit den während der Laborversuche erhobenen Belastungsgrößen in die Erstellung der Pilotanlage einfließen. Neben den biologischen Verfahren als einer Hauptkomponen-

Laufzeit

01.04.2021 – 31.03.2024

Koordination:

Prof. Dr. Peter Krebs
Technische Universität Dresden
Institut für Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft
01062 Dresden
Besucheradresse: Bergstraße 66, 01069 Dresden
E-Mail: peter.krebs@tu-dresden.de

Webseite

www.medzerosolvent.de

Verbundprojektpartner

B. Braun Avitum Saxonia GmbH, Radeberg
CUP Laboratorien Dr. Freitag GmbH, Radeberg
DAS Environmental Expert GmbH, Dresden
Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige GmbH (ILK), Dresden
Me-Sep, Dresden
Technische Universität Dresden, Institut für Hydrobiologie, Dresden
wasserWerkstatt Ingenieurbüro für ökologische Wasserwirtschaft, Dresden

te der Prozesswasserbehandlung werden für die Rückführung in den Prozess membrangestützte Verfahren entwickelt.

Die erzielten Ergebnisse werden zur Planung von Behandlungsmodulen genutzt, die abhängig vom Aufbereitungsziel und der Abwasserbeschaffenheit kombiniert werden können. Zur Bewertung des entwickelten Verfahrens wird abschließend eine Nutzwertanalyse durchgeführt.

Arbeitspaket (AP)	Titel	Verantwortliche
AP 1	Gesamtprojektleitung und -koordination	Prof. Dr. Peter Krebs, TU Dresden
AP 2	Standortcharakterisierung	Dr. Thomas Schalk, TU Dresden
AP 3	Entwicklung eines Online-Steuerungssystems zur Kreislaufschließung und Prozesswasserbewirtschaftung	Dr. Jörg Waschull, ILK
AP 4	Minimierung des Schadstoffeintrags in die Umwelt durch Maßnahmen an der Quelle	Dr. Anja Rollberg, B. Braun Avitum Saxonia GmbH
AP 5	Technologieauswahl zur Behandlung lösungsmittelhaltiger Prozesswässer	Dr. Thomas Schalk, TU Dresden
AP 6	Entwicklung, Test und Validierung einer Pilotanlage zur Behandlung lösungsmittelhaltiger Prozesswässer	Dr. Stavroula Sfaelou, DAS
AP 7	Ergebnisverwertung, Öffentlichkeitsarbeit, Vernetzung	Dr. Anja Rollberg, B. Braun Avitum Saxonia GmbH

RIKovery

Recycling von industriellen salzhaltigen Wässern durch Ionentrennung, Konzentrierung und intelligentes Monitoring

Kurzbeschreibung

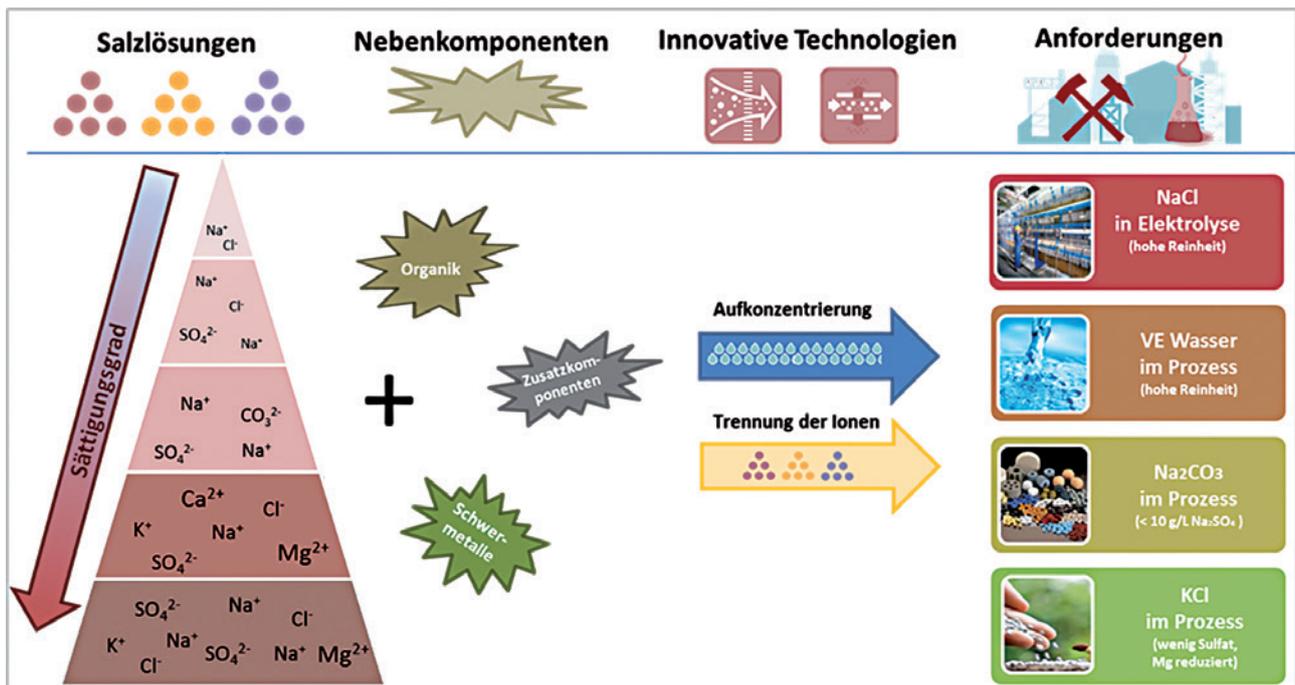
Die zunehmende Wasserknappheit erhöht die Notwendigkeit, salzhaltiges Wasser wiederzuverwenden und gleichzeitig die entfernten Inhaltsstoffe einer erneuten Nutzung zuzuführen. Derzeit werden in Deutschland jährlich mehr als 6 Mio. t Chlorid über das Abwasser in Oberflächengewässer eingeleitet (Quelle: THRU.de). Mehr als $\frac{3}{4}$ davon stammen aus der chemischen (51 %) und der mineralverarbeitenden Industrie (26 %). Dabei sind sowohl Prozessabwässer und Teilströme bestehender Aufbereitungsprozesse als auch Salzabwässer aus Halden oder salzhaltige Grundwässer relevant.

Da es sich bei den Salzbelastungen häufig um Mischungen aus verschiedenen Salzen handelt und/oder die Konzentration für eine direkte Nutzung zu gering ist, sind Aufbereitungsverfahren erforderlich, um eine Weiternutzung zu ermöglichen. Verfahrenstechnisch gelingt eine Abtrennung von Salzen aus Salzlösungen durch mehrstufige Eindampfanlagen bzw. Anlagen mit Brüdenkompression, die jedoch mit sehr hohem Energieaufwand verbunden sind und selten eine Nutzung der Reststoffe/Salze erlauben.

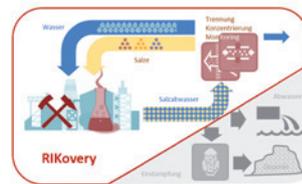
Das RIKovery-Projektconsortium verfolgt die Vision, salzhaltende industrielle Wasserströme möglichst vollständig zu nutzen, und damit natürliche Wasserressourcen zu entlasten.

Ziele

Aufgabenstellungen zur Wiederverwendung von salzhaltenden industriellen Wasserströmen unterscheiden sich deutlich hinsichtlich Herkunft des Wassers, Konzentrationsniveau und ionischer Zusammensetzung der Salze oder Nebenkomponenten. Es ist nicht zu erwarten, dass mit einer einzigen Technologie eine umfassende Aufbereitung möglich wird. In RIKovery sollen daher die Potenziale von vier innovativen Technologien systematisch untersucht und die jeweils aussichtsreichen Einsatzbereiche erarbeitet werden. Übergeordnetes Projektziel ist die Erstellung einer fundierten Entscheidungsgrundlage (CAPEX, OPEX, LCA, technische Machbarkeit) für die Implementierung von Salz- und Wasser-Rückgewinnungsverfahren im Produktionsmaßstab. Das Projektconsortium hat sechs industriell relevante Anwendungen identifiziert, die die wesentlichen Einleitungen abdecken (Polymerchemie, Spezialchemie, Kali-Industrie) und die sich hinsichtlich der Anforderungen und Komplexität deutlich unterscheiden, sodass insgesamt aussagekräftige und breit übertragbare Projektergebnisse erwartet werden.



Aufgabenstellungen zur Wiederverwendung von salzhaltenden industriellen Wasserströmen unterscheiden sich deutlich hinsichtlich Herkunft des Wassers, Konzentrationsniveau und ionischer Zusammensetzung der Salze oder Nebenkomponenten sowie der Anforderungen für die Wiederverwendung.



Arbeitsschwerpunkte

Ein ökologisch und ökonomisch tragfähiges Recycling von salzhaltigen Wässern steht insbesondere vor folgenden Herausforderungen, die innerhalb von RIKovery bearbeitet werden sollen:

Monitoring der Aufbereitungsqualität. Zur Wiederverwendung von Salzen und Wässern für nachfolgende Prozesse sind oft spezifische Parameter einzuhalten, um die Qualitätssicherung und Betriebssicherheit zu gewährleisten. Bedarf besteht sowohl an einer online-fähigen Prozessüberwachung als auch an einer Qualitätssicherung für bisher unbekannte Inhaltsstoffe, die im Rahmen des Projektes erarbeitet werden.

Von entscheidender Bedeutung sind die **Trennung der Ionen bzw. Einstellung einer definierten Zusammensetzung** sowie energieeffizientere Verfahren(skombinationen) zur **Konzentrierung der Salzlösungen** bis auf ein geeignetes Konzentrationsniveau. Insbesondere im Bereich der hohen Salzkonzentrationen mangelt es an geeigneten Technologien. In RIKovery sollen daher die Potenziale von vier innovativen Technologien (Osmotic Assisted Reverse Osmosis OARO, High Pressure Nanofiltration HPNF, Forward Osmosis FO, Flow-Electrode Capacitive Deionization FCDI) systematisch untersucht und die jeweils aussichtsreichen Einsatzbereiche erarbeitet werden.

Vor einer Umsetzung von Wasserrecyclingverfahren im Produktionsmaßstab werden Erkenntnisse aus **praxisrelevanten Pilotierungen** sowie ökonomische und ökologische

Laufzeit

01.02.2021 – 31.01.2024

Koordination:

Dr.-Ing. Yuliya Schiesser
Covestro Deutschland AG
51373 Leverkusen, Kaiser-Wilhelm-Allee 60
E-Mail: yuliya.schiesser@covestro.com

Webseite

www.rikovery.rwth-aachen.de

Verbundprojektpartner

AFIN-TS Analytisches Forschungsinstitut für Non-Target Screening GmbH, Augsburg
BWS Anlagenbau & Service GmbH (BWS), Oberndorf a.N.
Evonik Operations GmbH (Evonik), Hanau-Wolfgang
K+S AG (K+S), Unterbreizbach
RWTH Aachen, Aachen
Technische Hochschule (TH) Köln, Köln
TZW: DVGW – Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe

Bewertungen unter standardisierten Kriterien benötigt. Um aussagekräftige und breit übertragbare Projektergebnisse zu erzielen, hat das Projektkonsortium industriell relevante Anwendungen identifiziert, die sich hinsichtlich der Herausforderungen (Konzentrationsbereiche, Salzzusammensetzung, Reinheitsanforderungen für den Wiedereinsatz von Teilsalzen oder Wasser, Volumenströme) deutlich unterscheiden und die dadurch in der Gesamtheit für den größten Teil der industriellen Salzeinleitungen stehen.

Arbeitspaket (AP)	Titel	Verantwortliche
AP A1	Non-Target Screening (NTS)	Thomas Letzel, AFIN-TS
AP A2	Online-fähige Analytik	Oliver Happel, TZW
AP B1 und B2	OARO und HPNF	Ingo Schulte, BWS
AP B3	FO	Gerd Braun, TH Köln
AP B4	FCDI	Christian Linnartz, RWTH
AP C1 und C2	Pilotierung Prozesswasser aus Polycarbonat und Isocyanatherstellung	Yuliya Schiesser, Covestro
AP C3 und C4	Pilotierung von Prozesswässern aus Kieselsäure- Produktion und aus der Katalysatorproduktion	Matthias Woyciechowski, Evonik
AP C5 und C6	Aufbereitung und Rückführung ungesättigter salzhaltiger Haldensickerwässer und gesättigter Haldenwässer	Chris Malkomes, K+S
AP C7	Begleitende Membranautopsie	Gerd Braun, TH Köln
AP D1	Technisch-ökonomische Bewertung (TEA)	Covestro, Evonik, K+S
AP D2	Ökologische Bewertung (LCA)	Covestro, Evonik, K+S

NERA

Null-Emission Rohwasserproduktion in der Automobilindustrie

Kurzbeschreibung

In der metallverarbeitenden Industrie wird das anfallende Abwasser in der Regel durch Zugabe von Säure, Lauge, Fällungschemikalien und Flockungsmitteln gereinigt, bevor es in den Vorfluter gelangt. Diese Zugabe von Chemikalien führt zu einer deutlichen Erhöhung der Salzbelastung des Wassers, weshalb eine Prozesswasserrückgewinnung nicht wirtschaftlich ist. Innovative Lösungen entsprechend der von der Bundesregierung beschlossenen deutschen Nachhaltigkeitsstrategie sind gefragt, um bis 2030 eine ressourcen- und klimaschonende Wassernutzung zu realisieren. Im Verbundprojekt NERA entwickeln die Projektbeteiligten einen neuen Abwasserreinigungsprozess, um Abwasserteilströme aus der metallverarbeitenden Industrie als wertvolle Quelle für Rohstoffe und Prozesswasser zu erschließen. Im Sinne einer verbesserten Kreislaufwirtschaft soll die Rückgewinnung von Abwasserinhaltsstoffen und Prozesswasser möglichst chemikalienverbrauchsfrei, reststofffrei und gleichzeitig klimaneutral erfolgen. Der neue Abwasserreinigungsprozess basiert auf einem innovativen Reaktorsystem zur elektrochemischen Fällung und Rückgewinnung von Phosphat und Schwermetallen wie z.B. Mangan, Nickel, Zink und Chrom.

Ziele

Das Projekt NERA verfolgt mehrere Einzelziele. Zu Beginn wird ein elektrochemischer Fällungsprozess zur effizienten Entfernung und Rückgewinnung von Schwermetallen entwickelt, optimiert und bewertet. Dieser Prozess wird anschließend weiterentwickelt, um eine Rückgewinnung von schwermetallarmen Phosphaten zu ermöglichen. Ferner wird ein Elektrolyse-Reaktorsystem im Pilotmaßstab entwickelt, wobei der Stromverbrauch zu minimieren und Scaling zu vermeiden ist. Im Pilotversuch bei einem Demonstrationsmaßstab von ca. 8.000 m³/a ist eine nachhaltige Abwasserbehandlung zur salzarmen Rohwasserproduktion nachzuweisen. Ergänzend ist eine Verwertbarkeit der Fällungsprodukte (Schwermetalle und Phosphate) nachzuweisen. Auch ist die Rohwasserproduktion für eine industrielle Kreislaufschließung zu optimieren und zu bewerten. Abschließend wird ein zukunftsweisendes Abwassermanagementkonzept erarbeitet, welches die neuen elektrochemischen Behandlungsmöglichkeiten berücksichtigt.



Aktuelle Abwasserbehandlungsanlage der Volkswagen AG am Standort Braunschweig mit einem Durchsatz von 150.000 m³ pro Jahr.
Quelle: Volkswagen AG.



Arbeitsschwerpunkte

Zunächst werden anhand von Batchversuchen an einer vorhandenen Versuchsanlage optimierte Anlagen- und Prozessparameter für eine effiziente Schwermetallfällung und -rückgewinnung ermittelt. Besonderes Augenmerk wird dabei auf neue Materialien und/oder Materialkombinationen für Elektroden und Membranen gelegt. Ergänzend ist die Entwicklung einer erweiterten Prozessführung zur selektiven Fällung und Rückgewinnung von Phosphat vorgesehen.

Die Ergebnisse aus diesen Untersuchungen fließen in die Planung einer kontinuierlich betriebenen Versuchsanlage (Technikumsmaßstab) ein. Diese Planungen beinhalten zudem die konstruktive Entwicklung eines neuartigen Elektrolysesystems mit drehenden Elektroden.

Anhand von Untersuchungen an dieser Anlage sind Verfahrensentwicklungen im Hinblick auf die übergeordneten Ziele einer chemikalienverbrauchs- und abfallfreien Rückgewinnung von Schwermetallen und Phosphat sowie (salzarme) Rohwasserproduktion vorgesehen.

Auf Basis der Ergebnisse der Technikumsuntersuchungen erfolgen Planung, Konstruktion und Aufbau einer Abwasseraufbereitungsanlage für einen Durchfluss von ca. 1.000 L/h bzw. 8.000 m³/a (Pilotmaßstab).

Die Pilotanlage wird dann im VW-Werk in Braunschweig aufgebaut und im realen Betrieb getestet. Schwerpunkt der Pilotuntersuchungen ist die Ermittlung von Versuchsdaten zu folgenden Fragestellungen: Prozessführung bei Abwasserschwankungen, Schwermetallanreicherung, Phosphatanreicherung, Stromverbrauch, Wirtschaftlichkeit, Qualität des gereinigten Abwassers als Rohwasserquelle, Verwertbarkeit

Laufzeit

01.02.2021 – 31.01.2024

Koordination:

Prof. Michael Sievers
CUTEC Forschungszentrum der TU Clausthal
Leibnizstraße 23, 38678 Clausthal-Zellerfeld
E-Mail: michael.sievers@cutec.de

Webseite

www.projekt-nera.de

Verbundprojektpartner

Common-Link AG, Karlsruhe
Eisenhuth GmbH & Co. KG Osterode am Harz
Institut für Chemische und Elektrochemische Verfahrenstechnik der TU Clausthal (ICVT), Clausthal-Zellerfeld
Volkswagen AG (assoziierter Partner), Braunschweig

des Phosphats, Verwertbarkeit der Schwermetalle, Behandelbarkeit von weiteren Abwasserteilströmen im Hinblick auf eine weitere Minimierung des Wasserverbrauchs.

Mit den Erkenntnissen aus den Pilotversuchen soll aufbauend auf dem Abwasserkataster ein zukunftsweisendes, verbessertes Wassermanagementkonzept erarbeitet werden. In diesem Zusammenhang wird auch eine Nachhaltigkeitsbewertung für das entwickelte Reinigungskonzept vorgenommen. Für den CO₂-Fußabdruck des Reinigungsprozesses sind dabei der stoffliche und der energetische Ressourcenverbrauch von Bedeutung. Sofern der für die Elektrolysezelle benötigte Strom regenerativ hergestellt wird, ist eine sehr klimafreundliche Umsetzung zu erwarten.

Arbeitspaket (AP)	Titel	Verantwortliche
AP 1	Koordination, Öffentlichkeitsarbeit, Berichte, etc.	Prof. Michael Sievers, CUTEC
AP 2	Literatur- & Materialrecherche, ergänzende Versuche	Prof. Ulrich Kunz, ICVT
AP 3	Planung und Bau Technikumsanlage (Durchfluss 20 L/h)	Dr. Thorsten Hickmann, Eisenhuth
AP 4	Versuche mit der Technikumsanlage	Prof. Michael Sievers, CUTEC
AP 5	Planung und Bau Demoanlage (Durchfluss 1 m ³ /h)	Wolfgang Schläfer, Common-Link
AP 6	Versuchsphase 1 (Metallabtrennung)	Prof. Ulrich Kunz, ICVT
AP 7	Versuchsphase 2 (selektive P- und Metallabtrennung)	Prof. Michael Sievers, CUTEC
AP 8	Abwasserkataster + Abwassermanagementkonzept	Prof. Michael Sievers, CUTEC

WEISS_4PN

Integrative Anwendung von Innovationen und digitales Kühlleistungsmanagement zur Reduzierung des Wasserbedarfs in der Stahlproduktion

Kurzbeschreibung

Überwiegend wird in der Industrie Wasser zur Kühlung benötigt. In der Stahlindustrie beträgt der Anteil 75%. Durch die Klimaveränderungen muss künftig von einer zumindest temporär eingeschränkten Wasserverfügbarkeit ausgegangen werden. Um dennoch eine hohe Betriebssicherheit für die Stahlproduktion zu erreichen, muss der Frischwasserbedarf möglichst weitgehend von der Produktion entkoppelt und durch Rückgewinnung von Wasser aus Abwasserströmen des Standorts minimiert werden.

Hierfür wird die aus WEISS (www.bmbf-wave.de/Verbundprojekte+nach+Themenfeldern/Industrielles+Wasser/WEISS) vorhandene Pilotanlage (Kapazität: 1 m³/h) am Standort Eisenhüttenstadt aufgestellt und es werden bisher nicht betrachtete Abwässer entsalzt, um das Potenzial, die Verdunstungsverluste im offenen Kühlkreislauf durch interne Wasserströme zu ersetzen, maximal auszuschöpfen. Zunächst wird der Ablauf der Abwasserreinigung getestet werden. Hierfür werden zusätzlich erforderliche Vorbehandlungsschritte nach sorgfältiger Analyse der Wasserzusammensetzung festgelegt und deren Wirksamkeit im Labor getestet. Die erprobte Vorbehandlung wird anschließend realisiert, in die Pilotanlage integriert und das Abwasser entsalzt.

Ein betriebswirtschaftlich für die Anwendung entscheidender Aspekt ist die sichere und kostengünstige Entsorgung der bei der Entsalzung entstehenden Konzentrate. Daher werden die Salzfraktionen in zwei unterschiedlichen Ansätzen voneinander getrennt.

Ein Optimierungs- und Prognosewerkzeug soll die Entwicklung der Zusammensetzung sowie der Verfügbarkeit des Frischwassers ermitteln, um Engpässe frühzeitig erkennen zu können. Durch ein in den Prozess integriertes, digitales Kühlleistungsmanagement sollen die Potentiale bestehender Kühlkreislaufsysteme optimal ausgeschöpft werden, indem die produktionsbedingte Wärmelast mit der aktuellen wetterbedingten Kühlkapazität verknüpft wird.

Schließlich sind die Konzepte wirtschaftlich und ökologisch zu bewerten, um die ökonomisch günstigsten und ökologisch verträglichsten Lösungen zu selektieren.

Ziele

Zur Erhöhung der Wasserverfügbarkeit sollen Entsalzungsverfahren dafür sorgen, dass die Stahlproduktion von der Wasserverfügbarkeit entkoppelt wird.

Innovative Technologien wie die membranbasierte kapazitative Deionisation (mCDI) und die Entwicklung von Anti-fouling-beschichteten Membranen für die Umkehrosmose werden mit dem Ziel der Effizienzsteigerung und der Selektivitätsverbesserung eingesetzt.

Eine Minimierung des Wasserbedarfes und die Vorhersage von Wasserengpässen soll durch die Nutzung von Digitalisierungswerkzeugen erreicht werden so und die Produktion mit der Wasserversorgung verbunden werden.



Mehrstufige Entsalzungsanlage aus WEISS (DEW, Hagen). Quelle: SMS group.



Die bereits in WEISS erzielten Ergebnisse sollen auf andere Standorte übertragen, abgesichert und die Anwendung der Technologie ausgeweitet werden. Auch die Ergebnisse aus HighCon zur zugleich wirtschaftlichen und umweltfreundlichen Konzentratbehandlung werden einbezogen. Darüber hinaus erfolgen Arbeiten zur Abtrennung monovalenter Salzkomponenten und die Salzfraktionen sollen mittels fraktionierender Fällung gemäß Löslichkeitsprodukt möglichst weitgehend voneinander getrennt werden. Die Etablierung eines Referenzprojektes mit einer Kapazität von etwa 50 m³/h soll in einer Demonstrationsanwendung die technologische Umsetzbarkeit der in WEISS erzielten Ergebnisse beweisen.

Arbeitsschwerpunkte

Der Wasserbedarf soll durch Optimierung der zeitlichen und räumlichen Wassernutzung mittels Prognosemodell und einem darauf aufbauenden Digitalen Kühlwassermanagement durch Erstellung eines digitalen Zwillings gesenkt werden.

Als technologische Neuerung soll die Umkehrosmose durch pH-Wert tolerantere Antifouling-beschichtete Membranen weitgehend ohne alkalische und enzymatische Reinigung betrieben werden können, um die Betriebsstabilität der RO-Membranen zu erhöhen, die Wartungskosten zu senken und die Lebensdauer zu erhöhen. Des Weiteren soll die wirtschaftlich besonders günstige membranbasierte kapazitative Deionisation (mCDI) an die realen Bedingungen mit modifizierten Ionenaustauschermembranen angepasst werden.

Schließlich wird ein in der Patentierung befindliches neuartiges Verfahren zur radiativen wasserfreien Kühlung erstmals für die Anwendung in der Stahlbranche untersucht. Im Labor soll eine Mehrfachbeschichtung radiativer Kühlmodule hergestellt und eingehend evaluiert werden. Im Rahmen von Laborversuchen sollen Monokonzentrate (z.B. mittels ionen-

Laufzeit

Phase 1: 01.04.2021 – 31.03.2022

Phase 2: 01.04.2022 – 31.03.2024

Koordination:

Dr. Angela Ante

SMS group GmbH (SMS)

Abteilung FRE - Neuentwicklungen

Wiesenstr. 30, 57271 Hilchenbach

E-Mail: angela.ante@sms-group.com

Webseite

www.sms-group.com/weiss

Verbundprojektpartner

aixprocess GmbH (AixP), Aachen

ArcelorMittal Eisenhüttenstadt GmbH (AMEh),

Eisenhüttenstadt

fem | Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie (FEM),

Schwäbisch Gmünd (Phase 2)

Technische Universität Berlin (TUB), Berlin

TRUMPF GmbH + Co. KG (TRU), Ditzingen

Universität Duisburg-Essen (UDE), Essen

VDEh-Betriebsforschungsinstitut (BFI), Düsseldorf

WEHRLE Umwelt GmbH (Wehrle), Emmendingen

selektiver Membran) erzeugt werden, um einer umweltverträglichen ZLD-Lösung möglichst nahe zu kommen.

Um den Frischwasserbedarf weiter zu senken, sollen andere Abwässer aus den Stahlwerken als Zusatzwasser für Kühlkreisläufe aufbereitet werden, wie z.B. Wasser aus der Gichtgaswaschwasseraufbereitung und der zentralen Abwasserbehandlungsanlage. Die nutzbaren Abwässer sollen in Vor-Ort-Versuchen mittels bestehender Pilotanlage entsalzt werden, nachdem die im Labor festgelegten erforderlichen Vorbehandlungen etabliert wurden.

Arbeitspaket (AP)	Titel	Verantwortliche
AP 1	Situationserfassung und definierte Zieldefinition	Martin Hubrich, BFI
AP 2	Laborarbeiten zur Abwasservorbehandlung, Monokonzentraterzeugung	Prof. Dr. Mathias Ulbricht, UDE
AP 3	Pilotversuche vor Ort	Ingo Wiebelitz, SMS
AP 4	Design und Betrieb eines großtechnischen Demonstrators	Dr. Angela Ante, SMS
AP 5	Entwicklung digitaler Werkzeuge	Stefan Schmidt, SMS Martin Habermehl, Aixprocess Martin Hubrich, BFI
AP 6	Wirtschaftlichkeitsanalyse	Dr. Angela Ante, SMS
AP 7	Nachhaltigkeitsbewertung	Moritz Münch, TUB
AP 8	Dokumentation, Koordination, Ergebnistransfer, Capacity Development	Dr. Angela Ante, SMS

ReWaMem

Recycling von Wäschereiabwasser zur Wiederverwendung des Abwassers mittels keramischer Nanofiltration

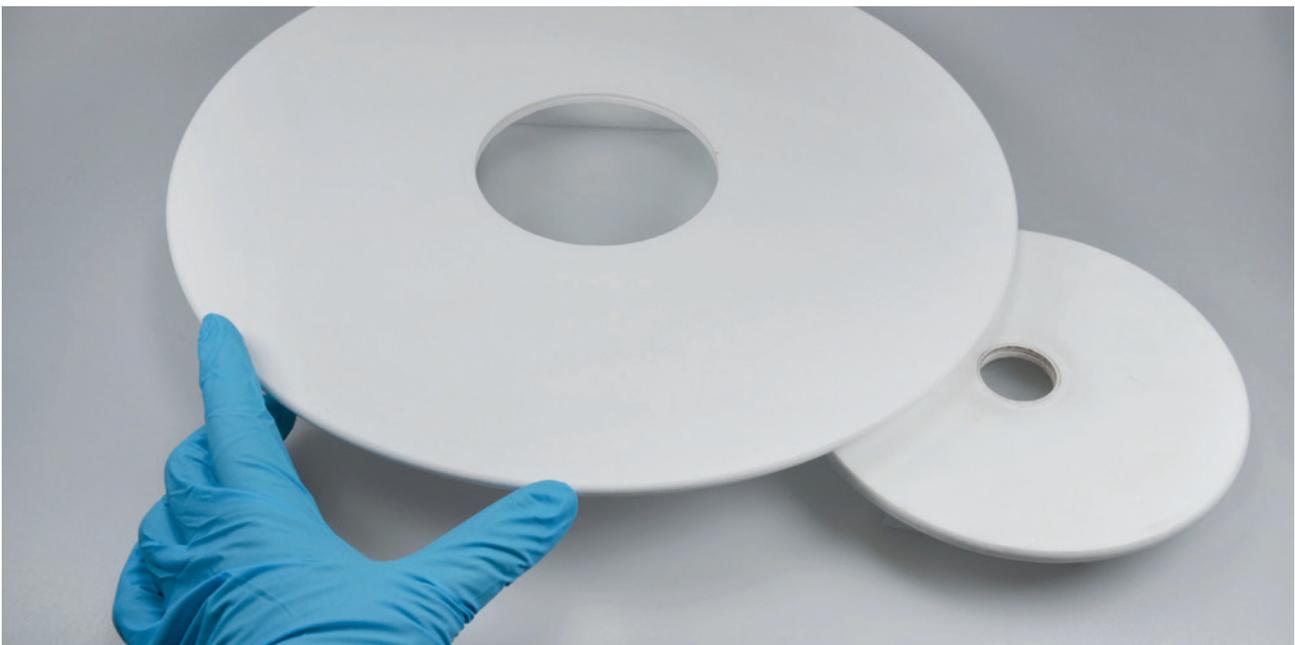
Kurzbeschreibung

Jährlich werden mehrere Milliarden Kubikmeter Wasser für Produktionsprozesse im verarbeitenden Gewerbe eingesetzt. Der ressourcenschonende Umgang mit Wasser, besonders in industriellen Produktionsprozessen, wird aber im Zuge des Klimawandels immer entscheidender. Hier setzt das Projekt »ReWaMem« an. Am Beispiel der Wäscherei und Textilreinigungsbranche, bei der ein durchschnittlicher Frischwasserbedarf von etwa 20 Mio. m³/a anfällt, will das Konsortium in den nächsten drei Jahren neue Technologien entwickeln, die Prozessabwässer so aufbereiten, dass sie dem Reinigungsprozess als Frisch- bzw. Brauchwasser zugeführt werden können. Dadurch soll die Frischwasserentnahme z.B. aus Flüssen deutlich reduziert werden. ReWaMem steht für „Recycling von Wäschereiabwasser zur Wiederverwendung des Abwassers mittels keramischer Nanofiltration“. Das Aufarbeitungsproblem soll mit Hilfe zu entwickelnder keramischer Membranträger und Membranen in Mehrkanalrohrgeometrien mit erhöhtem Innendurchmesser bzw. als Entwicklungsalternative mit Rotationsscheibenfiltern jeweils mit Nanofiltrationsbeschichtung erfolgen. Parallel werden Methoden auf der Basis von Advanced oxidation processes (AOP) zur Behandlung der Nanofiltrations-Konzentrate untersucht. Begleitend wird ein Onlinetool weiterentwickelt, welches es generell Textilwäschereien ermöglicht, eine spezifischere Betrachtung ihrer Prozessketten durchzuführen und so Wiederverwendungspotentiale von Abwässern innerhalb ihres Unternehmens identifizieren zu können.

Ziele

Die Zielstellung des Projektes liegt in der anwendungsorientierten Entwicklung und Erprobung von integrierten Reinigungsverfahren auf Basis keramischer Nanofiltrationstechnologien zur effizienten Wasseraufbereitung von Textilabwässern inklusive Verbesserung der Reinigungsleistung und der Reduktion des Chemikalienbedarfes.

Besonderes Augenmerk liegt auf der Behandlung basischen Wassers (pH ca. 10,5) bei erhöhten wäschereitypischen Temperaturen, da sich diese günstig auf das Filtrationsverhalten auswirken. Die neuartige Kombination aus keramischer Nanofiltrationsmembran (Cut-Off < 1000 g/mol) und druckgetriebenen Rotationsscheibenfilter zielt auf eine weniger verschmutzungsempfindliche und bessere, energetisch günstige, hocheffiziente Reinigungstechnologie, die effiziente Kreislaufaufführung von Prozessabwässern produktionsnah demonstrieren soll. Zielsetzung ist die Etablierung eines nahezu-ZLD-Verfahrens (Zero Liquid Discharge) und die weitestgehende Bindung der Schmutzstoffe in einem Konzentrat. Diese Prozesslösung soll beispielhaft sein und sich auf weitere Branchen mit organik- und salzhaltigen Wässern übertragen lassen. Des Weiteren ist es energetisch relevant, die im Wasser über die Temperatur gebundene Wärme auch in der Wasserbehandlung zu konservieren. Die keramische Membrantechnik bildet daher die Basis für den Reinigungsprozess bei Prozesstemperatur. Ziel ist es, einen möglichst geringen Wärmeverlust durch den Membranschritt zu erzielen und die gegebene Wassertemperatur darüber hinaus positiv zu nutzen.



Keramische Rotationsscheiben werden im Projekt ReWaMem in der Behandlung von Abwasserströmen erprobt. Quelle: Fraunhofer IKTS.



Arbeitsschwerpunkte

Ausgangslage für die Arbeiten im Rahmen des Projektes bildet die Analyse der Schadstoffe im Abwasser der Wäscherei. Daraus kann eine Zielqualität der zu recycelnden Wässer ermittelt werden, was wiederum Voraussetzung für die Bestimmung der Gesamtmenge an Wasser ist, welches dem Prozesslauf erneut zugeführt werden kann.

Parallel erfolgt die Entwicklung der Membranträger und Membranschichten. Dabei sollen erstmalige Mehrkanalelementen mit vergrößerter Membranfläche ($> 1 \text{ m}^2$) und verblockungssicheren Kanälen ($> 3,5 \text{ mm}$) und ein angepasster Membranträger in Rotationsscheibengeometrie (Durchmesser $> 152 \text{ mm}$) mit Nanofiltrationsmembranen entwickelt werden. Die Weiterentwicklung der Membranträger und -schichten gehört zu den wichtigsten Vorhaben im Gesamtprojekt.

Auf Basis der neuartigen Membranelementen erfolgt die Prozessentwicklung und -erprobung zur effizienten Aufbereitung organik- und salzhaltiger Abwässer und der Vergleich der Leistungsfähigkeit von Rotationsscheiben und tubularen Mehrkanalelementen. Hierzu ist eine Pilotanlage im Technikumsmaßstab zu entwickeln, aufzubauen und zu optimieren. Diese soll mobil betreibbar sein, sodass sie sowohl im Technikum des Entwicklers als auch vor Ort in den laufenden Waschprozess bei CHMS integriert werden kann. Die Anlage wird alle neuartigen Membranelemente nutzen können.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Technikumsversuche soll überprüft werden, welcher Membrantyp (Mehrkanalrohre oder Rotationsscheibenfilter) in der Praxis sowohl

Laufzeit

01.02.2021 – 31.01.2024

Koordination:

M.A. Sebastian Auer
Kompetenznetzwerk Wasser Energie e.V.
Schaumbergstraße 8, 95032 Hof
E-Mail: sebastian.auer@wasser-energie.net

Webseite

www.rewamem.de

Verbundprojektpartner

CHMS (Coburger Handtuch- und Mattenservice) GmbH & Co. KG, Rödentel
Bayerische Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern), Garching
E.S.C.H. GmbH, Unterwellenborn
Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Hermsdorf
Hochschule Hof, Hof
Rauschert Kloster Veilsdorf GmbH (Rauschert), Veilsdorf

hinsichtlich der Robustheit als auch des Energieverbrauchs Vorteile bietet. Infolgedessen ist die Entwicklung ganzheitlicher Ansätze zur Bewertung der Energieeffizienz und unter Einbezug der gesamten Technologieketten damit auch der Wirtschaftlichkeit der Verfahren vorgesehen.

Abschließend sollen für Waschprozesse Benchmarks, insbesondere zum Energie- und Ressourcenbedarf, entwickelt und in Form eines webbasierten Onlinetools zur Verfügung gestellt werden.

Arbeitspaket (AP)	Titel	Verantwortliche
AP 1	Abwasser- & Recyclingwasser-Analysen & Laborversuche	Hochschule Hof
AP 2	Trägerentwicklung	Rauschert
AP 3	Membranentwicklung	Rauschert
AP 4	Entwicklung und Anpassung einer Pilotanlage im Technikumsmaßstab	E.S.C.H.
AP 5	Prozesserprobung: Versuchsdurchführung und -auswertung	E.S.C.H.
AP 6	Betriebswirtschaftliche Bewertung der Ergebnisse	IKTS/Rauschert
AP 7	Benchmarking Ressourcen- und Energiebedarf	ZAE
AP 8	Publikationen & Öffentliche Ergebnisberichte	KNWE/Rauschert

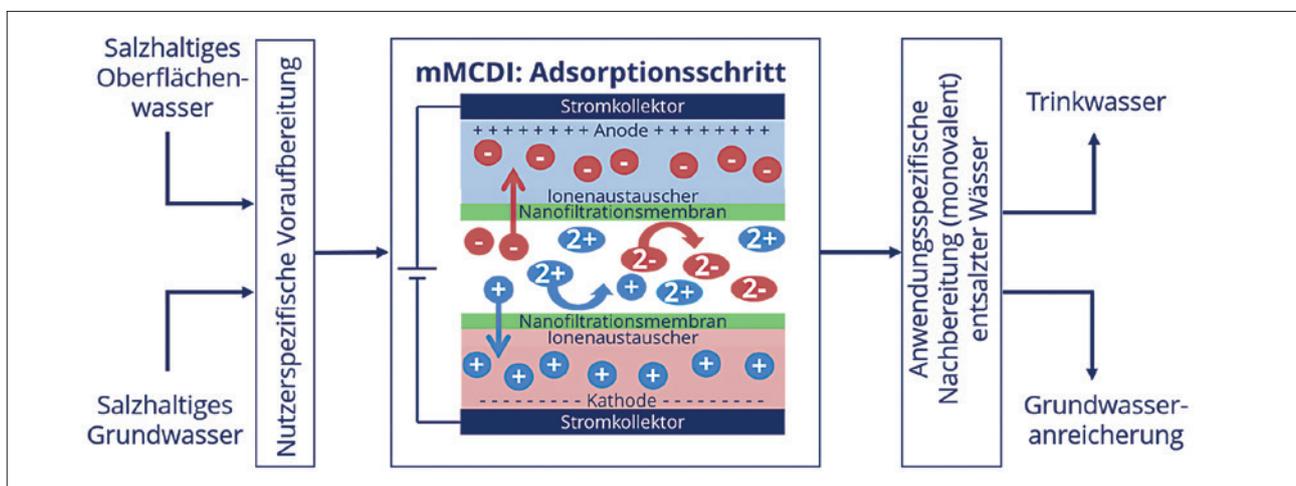
Selektive Entfernung monovalenter Ionen aus salzhaltigen Wässern für die Grundwasseranreicherung und Trinkwasseraufbereitung

Kurzbeschreibung

Auf Grund des global ansteigenden Wasserbedarfs und den sinkenden zur Verfügung stehenden Süßwasserressourcen, besteht ein weltweites Interesse an effizienten Entsalzungsverfahren. Süßwasser, das vom Meer oder von geogenen Salzvorkommen beeinflusst wird, enthält u. a. erhöhte Konzentrationen einwertiger (monovalenter) Ionen, wie Natrium und Chlorid, als auch mehrwertige Ionen, wie Magnesium und Calcium. Hohe Nitrat- und Sulfatkonzentrationen resultieren hingegen meist aus landwirtschaftlichem Einfluss. Eine vollständige Entsalzung ist nicht sinnvoll, sondern lediglich nur eine Verminderung der monovalenten Ionen nötig. Hierfür werden selektive Membranen für einen spezifischen Rückhalt monovalenter Salze entwickelt und in neukonstruierten Modulen für den Einsatz in einem elektrochemischen Verfahren in Labor- und Pilotanlagen verbaut. Mit den Anlagen werden Untersuchungen zur Identifikation optimierter Prozess- und Anlagenparameter in Abhängigkeit unterschiedlicher Rohwasserqualitäten und Aufbereitungsziele durchgeführt. Es wird geprüft, welche resultierenden Effekte und Herausforderungen bei der Grundwasseranreicherung und der Trinkwasseraufbereitung gegeben sind. Die entwickelte Technologie wird anhand einer ganzheitlichen ökonomisch-ökologischen Nachhaltigkeitsbewertung internationalen Zielgrößen wie den Nachhaltigkeitszielen gegenübergestellt, um Handlungsempfehlungen abzuleiten. Durch die Wahl der Partner aus Industrie, Wissenschaft und Praxis ist das Konsortium in der Lage, Anlagen zu bauen und die innovative Technologie bei Praxispartnern vor Ort zu testen und zu bewerten. Die Ergebnisse tragen somit maßgeblich zur Sicherung der Wasserressourcen, national wie international, bei.

Ziele

Ziel von innovatION ist daher die Entwicklung einer mMCDI (engl.: monovalent Membrane Capacitive Deionisation) zur gezielten Entfernung einwertiger Ionen aus salzhaltigem Grund- und Oberflächenwasser. Dabei soll durch die Kombination der Trenneffekte der Nanofiltration, Ionenaustauscher und der membrangestützten kapazitiven Deionisation unter Verwendung von polaren und bipolaren Elektroden eine energieeffiziente Technologie für den Rückhalt monovalenter Ionen entwickelt werden. Als Anwendungsgebiete werden die Aufbereitung zu Trinkwasser und die Stabilisierung des Landschaftswasserhaushalts durch Infiltration mit monovalent-teilentsalztem Wasser untersucht. Einsatzgebiete sind salzhaltige bzw. versalzene Grundwasserleiter an der Küste bzw. an den Inseln sowie stark nitratbelastete Grundwässer. Mit Hilfe von praxisnahen Labor- und Pilotversuchen sollen für die mMCDI die Prozess- und Anlagenparameter in Abhängigkeit der unterschiedlichen Rohwasserqualitäten und Aufbereitungsziele identifiziert werden. Für den Transfer in die Praxis wird geprüft, welche resultierenden Effekte und Herausforderungen bei der Grundwasseranreicherung und der Trinkwasseraufbereitung gegeben sind. Zusätzlich wird die entwickelte Technologie anhand einer ganzheitlichen ökonomisch-ökologischen Nachhaltigkeitsbewertung internationalen Zielgrößen wie den Nachhaltigkeitszielen gegenübergestellt, um Handlungsempfehlungen für die Konstruktion und den Betrieb der Entsalzungsanlage abzuleiten.



Prinzip der Einbindung einer mMCDI zur direkten Aufbereitung salzhaltiger Wässer im Verbundprojekt innovatION.

Arbeitsschwerpunkte

Technologischer Arbeitsschwerpunkt ist die Entwicklung der mMCDI zur monovalent, permselektiven gezielten Entfernung einwertiger Ionen aus salzhaltigem Grund- und Oberflächenwasser. Hierbei werden unterschiedliche Ansätze für Herstellung, Funktion und Modulaufbau erprobt. Die entwickelten mMCDI Module werden in Labor- und Pilotanlagen integriert und mit einer digitalisierten Mess-, Steuer- und Regelungstechnik ausgestattet und betrieben. Dabei sollen neben Laborversuchen mit synthetischem Wasser auch die Entsalzung realer Grundwässer an zwei Standorten in Niedersachsen untersucht werden. Als Anwendungsgebiete werden die Aufbereitung zu Trinkwasser und die Stabilisierung des Landschaftswasserhaushalts durch Infiltration mit monovalent-teilentsalztem Wasser untersucht. Um die Effizienz der Entsalzung und Infiltration in Abhängigkeit unterschiedlicher Bedingungen prognostizieren zu können, werden reaktive Stofftransport- und Strömungsmodellierungen durchgeführt. Dabei werden resultierende Effekte und Herausforderungen möglicher Anwendungen untersucht. Mittels ökonomisch-ökologischer Nachhaltigkeitsbewertung der mMCDI wird eine Brücke zwischen technologischer Neuentwicklung und Anwendung geschlagen und diese Technologie mit weiteren Entsalzungstechnologien verglichen. Die Membranentwicklung, der Modul- und Anlagenbau sowie die experimentellen Untersuchungen und Teile der Modellierungsarbeiten sind hinsichtlich der Technologieentwicklung stark miteinander vernetzt. Zur Erreichung und Umsetzung der Ziele, insbesondere am Schnittpunkt zwischen der Technologie, der Anwendung und dem Nutzenden, werden Mittel der digitalen Transformation wie zum Beispiel eine datenbasierte Prozessoptimierung eingesetzt. Das Projektmanagement und die Koordination, die Kommunikation und der

Laufzeit

01.02.2021 – 31.01.2024

Koordination:

Prof. Dr.-Ing. André Lerch
Technische Universität (TU) Dresden
Professur für Verfahrenstechnik in Hydrosystemen
E-Mail: andre.lerch@tu-dresden.de

Webseite

www.innovat-ion.de

Verbundprojektpartner

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, AG Hydrogeologie und Landschaftswasserhaushalt, Oldenburg
DEUKUM GmbH, Frickenhausen
elkoplan staiger GmbH – Automation für die Umwelt- und Verfahrenstechnik, Nürtingen
FUMATECH BWT GmbH, Bietigheim-Bissingen
Kreisverband für Wasserwirtschaft Nienburg, Nienburg
Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.
AG Polymere Membranmaterialien (IPF), Dresden
Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband, Brake
Technische Universität (TU) Dresden, Dresden
KWR Water B.V., Nieuwegein, Niederlande (assoziiertes Partner)
United Nations University, Inst. for Integrated Management and Material Fluxes and of Resources, Dresden (assoziiertes Partner)

Wissenstransfer werden durch alle Verbundprojektpartner mit Unterstützung durch den Projektkoordinator organisiert und sichergestellt.

Arbeitspaket (AP)	Titel	Verantwortliche
AP 1	Membranentwicklung	Dr. Jochen Meier-Haack, IPF
AP 2	Modul- und Anlagenbau	Dr. Hans Jürgen Rapp, DEUKUM
AP 3	Experimente	Prof. Dr.-Ing. André Lerch, TU Dresden
AP 4	Modellierung	Prof. Dr. Gudrun Massmann, Universität Oldenburg
AP 5	Praxis	Prof. Dr.-Ing. André Lerch, TU Dresden
AP 6	Nachhaltigkeitsmanagement	Prof. Dr. Remmer Sassen, TU Dresden
AP 7	Digitale Transformation	Axel Staiger, elkoplan staiger GmbH
AP 8	Projektkoordination	Prof. Dr.-Ing. André Lerch, TU Dresden

SULFAMOS

Wiederverwendung – Verbundprojekt SULFAMOS: Sulfatabreicherung mittels Vorwärtsosmose und Hohlfasertauchmodulen

Kurzbeschreibung

Zu den Spätfolgen des Braunkohletagebaus in Deutschland gehört die großflächige Eisen- und Sulfatbelastung von Grund- und Oberflächenwässern. Während die Eisenbelastung durch Grubenwasserreinigungsanlagen und andere Maßnahmen in wesentlichen Teilen gemindert werden kann, werden für die Reduzierung der Sulfatbelastung bislang keine großtechnischen Lösungen betrieben.

Zwar existieren verschiedene Verfahren zur Sulfatentfernung (z.B. Ettringitfällung, Nanofiltration + Fällung, mikrobiologische Sulfatreduktion), allerdings sind diese mit verschiedenen Nachteilen behaftet (teuer, Erzeugung großer Schlamm-mengen, sehr hoher Platzbedarf).

Im Gesamtvorhaben SULFAMOS soll eine verfahrenstechnische Lösung entwickelt werden, welche neben der Reduzierung der Sulfatbelastung zusätzlich noch eine Wertstoffherzeugung in Form von Gips für die Baustoffindustrie beinhaltet.

Die verfahrenstechnische Lösung kombiniert dabei die Prozessstufen Vorwärtsosmose und Fällung. Die Vorwärtsosmose bietet im Vergleich zur druckgetriebenen Umkehrosmose

Energieeinsparpotentiale und ein wesentlich besseres Scaling-Verhalten auf der Membranoberfläche.

Durch den Betrieb der im Projekt zu realisierenden Demonstratoranlage an verschiedenen Modellstandorten wird gewährleistet, dass die entwickelte Technologie flexibel einsetzbar und an verschiedene Wasserzusammensetzungen anpassbar ist.

Ziele

Im Gesamtvorhaben SULFAMOS werden verschiedene Ziele sowohl auf der Material- als auch auf der Prozessseite angestrebt.

Für den Prozessschritt der Vorwärtsosmose steht die Entwicklung eines neuen Typs Hohlfasermembran mit robuster Außenbeschichtung im Fokus. Mit diesem neuen Membrantyp erfolgt die Entwicklung eines Tauchmoduls für diese Membranen. Diese Tauchmodule werden in einer Verfahrenskombination aus Membranmodul und Fällungsmodul, welches einen kontinuierlichen Betrieb der Gesamtanlage ohne Verblocken der Membranen ermöglicht, in Demonstratorgröße eingebaut. Anhand dieser Demonstrationsanlage werden die Verfahren im Feld an verschiedenen Modellstandorten



Brunnenstube des Zweckverbandes Wasser/Abwasser Bornaer Land (ZBL Borna). Quelle: G.E.O.S.



mit unterschiedlichen Wasserzusammensetzungen getestet und die Produkte Wasser und Gips hinsichtlich ihrer Verwendungsmöglichkeiten qualifiziert.

Mit dem SULFAMOS-Projekt soll als Hauptziel ein Verfahren auf der Basis der kontinuierlichen Vorwärtsosmose entwickelt und demonstriert werden, um Sulfat aus Abwässern, Oberflächen- und Grundwässern so abzureichern, dass diese als Bewässerungs- und Trinkwasser nutzbar sind. Zweites Hauptziel ist es, das in Form von Gips ausgefällte Sulfat als Rohstoff nutzbar zu machen.

Arbeitsschwerpunkte.

Das Gesamtvorhaben SULFAMOS gliedert sich in mehrere Arbeitsschwerpunkte.

Im Bereich der Vorwärtsosmose-Hohlfasermembranen kommt es im Wesentlichen auf die Erfüllung der ermittelten Anforderungsprofile durch die Verwendung/Entwicklung geeigneter Hohlfaserträger sowie der robusten und möglichst scalingresistenten Membranaußenbeschichtung an.

Die so entwickelten, neuartigen Membranhohlfasern werden im Anschluss für den Bau neuer Membrantauchmodule verwendet. Dabei erfolgt zunächst eine Simulation und Optimierung der Modul- und Strömungsgeometrien. Die so ermittelten Geometrien werden zuerst in ein Prototyping und weitergehend in einen kontinuierlichen Herstellungsprozess überführt.

Vor dem Bau der Demonstratoranlage erfolgen umfangreiche Labortests sowohl in der Prozessstufe der Vorwärtsosmose als auch der Fällung. Hier kommen verschiedene Modell- und Prozesswässer zum Einsatz, um sowohl die Funktionalität der entwickelten Membran als auch die eigentliche Gipsproduktion zu überprüfen und zu optimieren.

Laufzeit

01.05.2021 – 31.10.2023

Koordination:

Dr. Roland Mayer
G.E.O.S Ingenieurgesellschaft mbH
Schwarze Kiefern 2, 09633 Halsbrücke
E-Mail: r.mayer@geosfreiberg.de

Webseite

www.sulfamos.de

Verbundprojektpartner

fluvicon Industries GmbH (fluvicon), Frickenhausen
Fraunhofer-Gesellschaft, Institut für Grenzflächen und Bioverfahrenstechnik (IGB), Stuttgart
HTW Dresden, Lehrgebiet Wasserwesen (HTW), Dresden
MionTec GmbH (Miontec), Leverkusen
Zweckverband Wasser/Abwasser Bornaer Land, Borna

Die Planung und der Bau der kontinuierlich arbeitenden Demonstratoranlage ist der nächste große Schwerpunkt des Projektes. Dabei werden die Prozessstufen Vorwärtsosmose inkl. Regeneration der Zuglösung und Fällung so aufeinander abgestimmt, dass ein kontinuierlicher Betrieb möglich ist.

Nach der Inbetriebnahme der Demonstratoranlage soll diese an mehreren ausgewählten Projektstandorten zum Einsatz kommen. Dabei wird der Betrieb jeweils über einen hinreichend langen Zeitraum aufrechterhalten, um zum einen entsprechende Erkenntnisse über das Langzeitverhalten des Prozesses zu gewinnen und zum anderen ausreichend Gips im Dauerbetrieb zu produzieren, um mögliche Aufbereitungstechnologien am realen Produkt untersuchen zu können.

Durch den angestrebten Langzeitbetrieb der Demonstratoranlage werden genügend Prozessdaten gewonnen, um die Übertragbarkeit des Prozesses und die Bewertung des Einsatzpotenzials für andere Standorte zu gewährleisten.

Arbeitspaket (AP)	Titel	Verantwortliche
AP 1	Entwicklung der VO-Hohlfasermembran	Dr. Schiestel, IGB
AP 2	Entwicklung und Fertigung der Module	Herr Griessler, fluvicon
AP 3	Verfahrensentwicklung	Prof. Grischek, HTW Dresden
AP 4	Design und Bau des Demonstrators	Herr Alt, Miontec
AP 5	Praxistests	Dr. Mayer, G.E.O.S.
AP 6	Verwertungspotential der Produkte und des Verfahrens	Dr. Mayer, G.E.O.S.

HaSiMem

Wasserrückgewinnung aus Haldensickerwässern auf der Basis von Membrandestillationsprozessen und Kopplung mit Kristallisation

Kurzbeschreibung

Derzeit fallen jährlich mehrere Mio. m³ salinärer Sickerwässern aus Rückstandshalden in Deutschland an, die zum überwiegenden Teil durch die Einleitung in Gewässer entsorgt werden müssen. Etablierte Aufbereitungsmethoden wie die Umkehrosmose oder die Eindampfung scheiden aus technischen bzw. ökonomischen Gründen aus. Die Membrandestillation (MD) ist eine relativ neue Technologie zur Aufkonzentrierung von Lösungen, welche auch für hochkonzentrierte Salzlösungen geeignet ist. Die Möglichkeit niederkalorische Wärmequellen zu verwenden und zu erwartende, niedrige Investitionskosten sind vielversprechende Aspekte für die Nutzung der MD in diesem Zusammenhang. Allerdings steht die Entwicklung eines an die Anforderungen angepassten geeigneten Verfahrens einschließlich geeigneter Vakuum-MD (VMD) Module noch aus. Dies gilt sowohl für die bereits eher etablierten Polymermembranen als auch für Neuentwicklungen keramischer Membranen, die weitgehend noch höhere chemische, thermische und mechanische Stabilitäten bieten. Im Projekt soll durch Kombination der Verfahren VMD und Kristallisation ein optimierter Gesamtprozess entwickelt werden, bei dem aus den Haldensickerwässern verwertbare Salze oder Salzlösungen und destilliertes Wasser gewonnen werden können. Das Verfahren soll vor Ort mit einer Pilotanlage getestet und anschließend einer technisch-

ökonomischen Bewertung unterzogen werden. Um dies zu erreichen ist eine Weiterentwicklung der Technologie der MD, sowie der keramischen MD-Membranen notwendig. Das Projekt wird von 5 Partnern mit unterschiedlichen Arbeitsschwerpunkten bearbeitet.

Ziele

Ziel ist die Entwicklung eines effizienten Aufbereitungsverfahrens für Haldensickerwässer, durch Kombination von Wasserentzug durch Membrandestillation und anschließender Kristallisation und Demonstration des Verfahrens im Feldversuch. Dabei sind folgende zentrale Einzelziele definiert: Entwicklung von geeigneten Membranen und Membrandestillationsmodulen. Gewinnung von Wasser und verwertbaren Salzen oder Salzlösungen. Eine Energieeffizienz des Trennprozess gemessen an einem GOR von mindestens zwei und vergleichbar zu einer zweistufigen technischen Eindampfung. Geringere Investitions- und Betriebskosten als bei konventionellen Verfahren, insbesondere als bei einer zweistufigen technischen Eindampfung. Die Pilotanlage soll mit einer Kondensatleistung von mindestens 30 l/h eine praxisnahe Erprobung ermöglichen. Ziel ist der Nachweis, dass der Prozess kontrolliert und stabil gefahren werden kann, d.h. dass eine Kristallisation von Salzen im Membrandestillationsmodul dauerhaft vermieden und die Übersättigung in



Standort Bischofferode mit Laugenstapeleinrichtungen. Quelle: LMBV, Peter Radke, 2020.



einer räumlich getrennten Kristallisation kontrolliert abgebaut wird.

Arbeitsschwerpunkte

Zum Erreichen dieser Ziele werden unterschiedliche Arbeitsschwerpunkte bearbeitet. Diese können im Wesentlichen vier Bereichen zugeteilt werden.

Der erste Arbeitsschwerpunkt befasst sich mit der Weiterentwicklung keramischer MD-Membranen. Der Schwerpunkt liegt in der Entwicklung keramischer Membranen, die unter den gegebenen Prozessbedingungen eine gute Funktionalität bis zur Kristallisationsgrenze aufweisen. Dieser Arbeitsschwerpunkt wird vom Partner Fraunhofer IKTS bearbeitet.

Der zweite Arbeitsschwerpunkt liegt in der Weiterentwicklung auf Polymermembranen basierender MD-Module in Hinblick auf die Anwendung bei hohen Salzkonzentrationen. Hierzu ist es notwendig geeignete Polymermembranen zu ermitteln, sowie eine konstruktive Weiterentwicklung bestehender Modulvarianten vorzunehmen, sodass diese für einen energieeffizienten Einsatz bei hochsalinaren Lösungen geeignet sind. Dieser Arbeitsschwerpunkt wird vor allem vom Partner Solar Spring bearbeitet.

Der dritte Arbeitsschwerpunkt liegt in der Entwicklung und Ausarbeitung eines Verfahrens, in welchem die Verfahren der MD und der Kristallisation gekoppelt sind. Insbesondere die energetische Optimierung steht hier im Vordergrund. Zugleich muss das Verfahren ermöglichen, die MD effektiv zur Aufkonzentrierung zu nutzen ohne dass eine Kristallisation an der Membran stattfindet. Das Verfahren muss einen

Laufzeit

01.02.2021 – 31.01.2024

Koordination:

Agustin Garrido Calderero
K-UTEC AG Salt Technologies
Am Petersenschacht 7, 99706 Sondershausen
E-Mail: Agustin.Garrido@k-utec.de

Webseite

www.hasimem.de

Verbundprojektpartner

Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS), Hermsdorf
K+S Aktiengesellschaft (K+S), Kassel
SolarSpring GmbH (SSP), Freiburg
LMBV mbH Kali-Spat-Erz (LMBV), Sondershausen (assoziiierter Partner)

kontrollierten Übersättigungsabbau in einem Kristallisor sicherzustellen. Dieser Arbeitsschwerpunkt wird vor allem von dem Partner K-UTEC bearbeitet.

Der vierte Arbeitsschwerpunkt besteht aus der Erprobung des Verfahrens vor Ort mit realen Haldensickerwässern, der Ermittlung relevanter technischer und ökonomischer Kenngrößen, sowie der Bewertung der industriellen Einsatzfähigkeit. Hierzu wird eine Pilotanlage konstruiert und anschließend an den Standorten der Partner K+S und LMBV mit Unterstützung der anderen Partner über einen längeren Zeitraum betrieben werden.

Arbeitspaket (AP)	Titel	Verantwortliche
AP 1	Definition der Aufgabenstellung	K-UTEC
AP 2	Membransynthese und Membranscreening Keramikmembranen	IKTS
AP 3	Membranscreening Polymermembranen	SSP
AP 4	Ausarbeitung und Modellierung des Gesamtverfahrens	K-UTEC
AP 5	Konstruktion des Membranmoduls und der Techniksmembrandestillationsanlage für keramische Membranen	IKTS
AP 6	Konstruktion der MD-Module und des MD-Teils der Pilotanlage	SSP
AP 7	Konstruktion der Gesamtanlage und der Peripherie	K-UTEC
AP 8	Bau und Validierung der Pilotanlage	K-UTEC
AP 9	Pilotierung und Bewertung	K-UTEC

Nutzwasser

Nutzwasserbereitstellung und Planungsoptionen für die urbane und landwirtschaftliche Bewässerung (Nutzwasser als alternative Wasserressource)

Kurzbeschreibung

Das Verbundprojekt Nutzwasser verfolgt das Ziel, neue hochflexible und bedarfsgerechte Managementstrategien für eine Wasserwiederverwendung zur urbanen und landwirtschaftlichen Bewässerung praxisnah zu entwickeln und im Rahmen relevanter Demonstrationen mit Praxispartnern so zu optimieren, dass eine Implementierung in anderen Zielregionen beschleunigt wird. Schwerpunkte sind dabei die Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für eine genehmigungsrechtliche Implementierung, die Festlegung von Wasserqualitätsanforderungen sowie Cloud-basierte Echtzeit-Ansätze zur Bedarfsbestimmung und automatisierte Systeme zur Qualitätssicherung. Aufbauend darauf erfolgt eine Dargebotsanalyse alternativer Wasserressourcen einschließlich innovativer Konzepte zur Speicherung aber auch zur Implementierung von urbanen Nutzwassersystemen im Bestand. Die erforderliche Qualität wird durch den Einsatz robuster weitergehender Multibarrieren-Aufbereitungsverfahren bereitgestellt, die in der Lage sind, je nach Bedarf kurzfristig an- und abgefahren werden zu können. Durch eine wirtschaftswissenschaftliche Begleitforschung werden Ansätze für angepasste Betreibermodelle und eine ganzheitliche Bewertung einer nachhaltigen Nutzwasseranwendung erarbeitet. Eine zielgerichtete Öffentlichkeitsarbeit bringt die Konzepte zur Nutzwasseranwendung den Entscheidungsträgern und der interessierten Öffentlichkeit anschaulich näher und stellt Handlungsempfehlungen für Betreiber, Planer und Behörden bereit. In zwei Reallaboren werden diese Ansätze der Nutzwasseranwendung durch einen interaktiven und transparenten Stakeholderprozess über die Laufzeit des Vorhabens begleitet.

Ziele

- die Ausarbeitung der **Voraussetzungen für eine genehmigungsrechtliche Implementierung** für urbane und landwirtschaftliche Bewässerungspraktiken,
- die Festlegung von **Wasserqualitätsanforderungen für unterschiedliche Bewässerungspraktiken**,



Konzeptionelle Darstellung der Nutzwasserbereitstellung für die urbane und landwirtschaftliche Bewässerung bei Schweinfurt.

- Entwicklung von zeitgemäßen digitalen Ansätzen zur **automatisierten Erfassung, Archivierung und Bestimmung des Bewässerungsbedarfs** unter Berücksichtigung von lokalen und regionalen Daten in Echtzeit,
- die Implementierung **innovativer Multibarrieren-Behandlungsverfahren** zur effizienten Reduktion von mikrobiologischen und chemischen Kontaminanten,
- die Erarbeitung einer **automatisierten, bedarfsgerechten Bereitstellung** von weitergehend behandeltem Abwasser (= „Nutzwasser“) einschließlich automatisierter **Systeme zur Qualitätssicherung** unter Berücksichtigung von Echtzeit Daten,
- die Entwicklung innovativer **Konzepte zur Implementierung von Nutzwassersystemen** im Bestand,
- die Konzeption von angepassten **Betreibermodellen** und Möglichkeiten des **Technologietransfers**,
- die Einbettung des Vorhabens von Projektbeginn in einen **interaktiven Stakeholderprozess** sowie
- die Einrichtung einer **innovativen Öffentlichkeitsarbeitsplattform**, um Konzepte der Nutzwasseranwendung einer interessierten Öffentlichkeit.

Arbeitsschwerpunkte

Dieses Verbundvorhaben gliedert sich in 9 Arbeitspakete. Ziel des Arbeitspaketes 1 „Voraussetzungen für eine genehmigungsrechtliche Implementierung“ ist es, konkrete Handlungsempfehlungen für die wasserrechtliche Beurteilung im Genehmigungsverfahren sowie die Kompatibilität mit der lokalen Abwassersatzung zu erarbeiten und in Form einer „Community of Practice“-Dokumentation zusammenzufassen.



Der Schwerpunkt im Arbeitspaket 2 „Ableitung von Wasserqualitätsanforderungen für unterschiedliche Bewässerungspraktiken“ liegt bei der Entwicklung konkreter risikobasierter Anforderungen an die Wasserqualität unter Berücksichtigung unterschiedlicher Expositionsrisiken für Mensch und Umwelt.

Im Arbeitspaket 3 „Bestimmung des Bewässerungsbedarfs“ werden zeitgemäße digitale Ansätze zur automatisierten Bedarfsbestimmung und -erfassung in der landwirtschaftlichen Bewässerung weiterentwickelt.

Zentrales Ziel des 4. Arbeitspaketes „Dargebotsanalyse und Bedarfsbereitstellung“ ist eine umfassende Analyse potentiell nutzbarer kommunaler Kläranlagenabläufe einschließlich innovativer Optionen des Nutzwassertransportes und der -speicherung für die urbane und landwirtschaftliche Bewässerung.

Im Arbeitspaket 5 „Bedarfsgerechte Nutzwasserbehandlung und Bereitstellung“ erfolgt die Auslegung und Bereitstellung eines innovativen Multibarrieren-Aufbereitungsverfahrens, das in der Lage ist, auch kurzfristig eine Nutzwasserqualität bereitzustellen.

Im Arbeitspaket 6 „Ökonomisch-ökologische Bewertung und Ergebnisverbreitung“ wird die ökonomische und ökologische Bewertung der Nutzwasseranwendungen erarbeitet, um ingenieurtechnische Realisierungen für den Technologie- und Wissenstransfer von neuen Aufbereitungsverfahren für Wasserwiederverwendungssysteme zur urbanen und landwirtschaftlichen Bewässerung national wie international zu fördern.

Das Vorhaben wird von einem übergeordneten Stakeholderprozess (Arbeitspaket 7) begleitet, der durch die frühzeitige Einbindung aller Beteiligten eine zielorientierte Implementierung von Wasserwiederverwendungsprojekten in den betrachteten Fallstudien aber auch in anderen Regionen begünstigt.

Laufzeit

01.04.2021 – 31.03.2024

Koordination:

Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes
Technische Universität München (TUM)
Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft
Am Coulombwall 3, 85748 Garching
E-Mail: jdrewes@tum.de

Webseite

www.nutzwasser.org

Verbundprojektpartner

Bay. Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG), Veitshöchheim
Brandt Gerdes Sitzmann (BGS) Umweltplanung GmbH, Darmstadt
COPLAN AG, Passau IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung, gGmbH (IWW), Mülheim an der Ruhr
HOLINGER Ingenieure GmbH, Merklingen
Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (LRZ), Garching bei München
Regierung von Unterfranken (RUF), Würzburg
Stadtentwässerung Schweinfurt, Schweinfurt
TZW/DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe
Xylem Services GmbH, Herford
Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern (ALB) e.V., Freising (assoziierter Partner)
Stadt Schweinfurt – Referat III Umweltschutz, Schweinfurt (assoziierter Partner)

Im Arbeitspaket 8 „Öffentlichkeitsarbeit“ werden die Konzepte zur Nutzwasseranwendung den Entscheidungsträgern, potentiellen Anwendern und der interessierten Öffentlichkeit anschaulich nähergebracht. Das Arbeitspaket 9 umfasst das „Projektmanagement“.

Arbeitspaket (AP)	Titel	Verantwortliche
AP 1	Voraussetzungen für eine genehmigungsrechtliche Implementierung	Frederik Zumkeller, RUF
AP 2	Ableitung von Wasserqualitätsanforderungen für unterschiedliche Bewässerungspraktiken	Andreas Tiehm, TZW/ DVGW
AP 3	Automatisierte Bedarfsbestimmung und -erfassung in der landwirtschaftlichen Bewässerung	Stefan Kirchner, LWG
AP 4	Dargebotsanalyse und Bedarfsbereitstellung/Speicherung	Bastjan Kebinger, COPLAN AG
AP 5	Bedarfsgerechte Nutzwasserbehandlung und Bereitstellung	Jörg E. Drewes, TUM
AP 6	Ökonomisch-ökologische Bewertung und Ergebnisverbreitung	Kristina Wencki, IWW
AP 7	Übergeordneten Stakeholderprozess	Jörg E. Drewes/Daphne Gondhalekar, TUM
AP 8	Öffentlichkeitsarbeit	Nadine Scheyer, Stadt Schweinfurt
AP 9	Projektmanagement	Jörg E. Drewes, TUM

FlexTreat

Flexible und zuverlässige Konzepte für eine nachhaltige Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft

Kurzbeschreibung

Ziel des Vorhabens FlexTreat ist es, durch die Entwicklung und Demonstration flexibler und an die landwirtschaftlichen Bedürfnisse angepasster technischer und naturnaher Aufbereitungssysteme die sichere Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft zu fördern.

Innovative Verfahrenskombinationen werden an vier Standorten im Pilot- oder Großmaßstab in Bezug auf ein breites Spektrum von physikalischen, chemischen und mikrobiologischen Wasserqualitätsparametern erprobt und weiterentwickelt.

Besonderer Fokus liegt dabei auf möglichen Synergien mit einer Spurenstoffentfernung sowie Innovationen im Bereich der Prozessüberwachung durch Einsatz digitaler Anwendungen (Digital Green Tech / Digitaler Zwilling), wodurch anspruchsvolle Qualitätsziele wie eine uneingeschränkte Bewässerung jederzeit sichergestellt werden können.

Außerdem wird ein integrierter Bewertungsansatz entwickelt und getestet, der die Wasserqualität, Gesundheitsrisiken, Resilienz der Systeme sowie ökonomische und ökologische Dimensionen vereint.

Zur Förderung des Verwertungspotentials werden unter Einbeziehung potentieller Nutzer Fragen der Akzeptanz der Wasserwiederverwendung und der Übertragbarkeit der FlexTreat-Lösungen adressiert. Darüber hinaus werden Inputs für Umsetzungsrichtlinien, einschließlich eines Leitfadens zum Risikomanagement im Hinblick auf die europäischen Mindestanforderungen und eines Leitfadens zu „Technologien für eine sichere Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft“ entwickelt.

Die vier Versuchsstandorte und die dort untersuchten Verfahrenskombinationen des AP 1 im Projekt FlexTreat.

Ziele

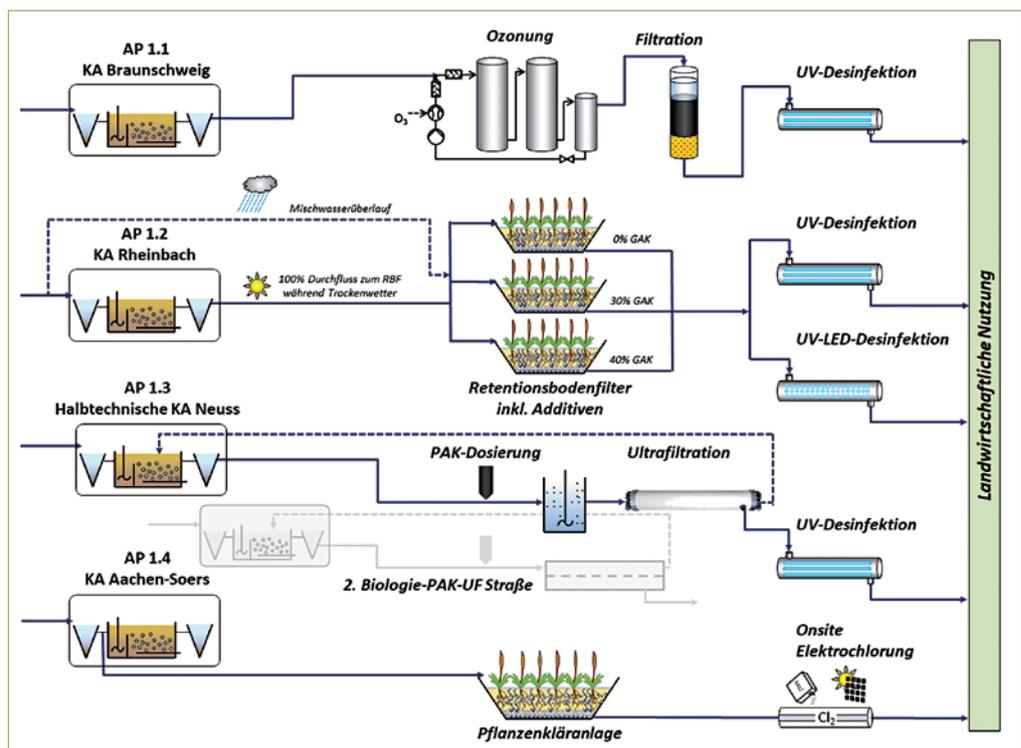
Entwicklung und Anwendung von wissenschaftlich-technischen Grundlagen für den sicheren Einsatz von aufbereitetem Abwasser sowie stark abwasserbeeinflussten Oberflächengewässern für die landwirtschaftliche Bewässerung im In- und Ausland.

Untersuchung und Optimierung der Reinigungsleistung von innovativen, weitergehenden Abwasserbehandlungsverfahren in Bezug auf ein breites Spektrum von physikalischen, chemischen und mikrobiologischen Wasserqualitätsparametern (inkl. Antibiotika-Resistenzen und Transformationsprodukte von Spurenstoffen).

Demonstration der Vorteile von Digital Green Tech (Digitaler Zwilling, online-Simulation, maschinelles Lernen, Nutzung mobiler Endgeräte) für die Prozessüberwachung und Optimierung von Aufbereitungsverfahren.

Risikobewertung und Risikomanagement über das komplette System des Kläranlageneinzugsgebiets, der Abwasserbehandlung, der weitergehenden Aufbereitung, Speicherung, Verteilung und Bewässerung bis zum landwirtschaftlichen Produkt.

Aufzeigen der Anwendbarkeit und Unterstützung der Verwertung der entwickelten Konzepte und Technologien für die Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft im In-





und Ausland inkl. Entwicklung einer zielgruppenorientierten Kommunikation.

Entwicklung von Inputs für Umsetzungsrichtlinien, inkl. eines integrierten Ansatzes zum Risikomanagement und eines Leitfadens zu „Technologien für eine sichere Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft“, der die neuen europäischen Anforderungen berücksichtigt und ergänzt.

Arbeitsschwerpunkte

In AP 1 werden verschiedene Technologien untersucht, die das Spektrum der „Best available Technologies“ zur Wasserwiederverwendung erweitern sollen. Die Zielsetzung liegt auf der Ausschöpfung von Synergien der weitergehenden Abwasseraufbereitung zur Spurenstoff-Elimination und zur Wasserwiederverwendung. Viele Aufbereitungsketten benötigen nur geringfügige Erweiterungen bzw. Modifikationen, um jeweils weitere Aufbereitungsziele zu erreichen. In FlexTreat kommen vor allem groß- und halbtechnische Untersuchungen zum Einsatz.

In AP 2 kommen Digitale Technologien zur Anwendung um Aufbereitungstechnologien optimal zu betreiben (Angebotsseite) und mit der Nachfrageseite (Wassermenge und -qualität) zur Deckung zu bringen. Dafür werden verschiedene Tools eingesetzt, u.a. Digitaler Zwilling zur online-Simulation und Optimierung der Anlage sowie Apps für den Betreiber zur Anlagenüberwachung (mit Warnfunktion) und für den Wasserendnutzer um Angebot und Nachfrage zu balancieren. Kommunikation von Informationen und Transfer von Wissen stehen hierbei im Vordergrund, um Arbeitsprozesse zu erleichtern oder erst zu ermöglichen.

Basierend auf bestehenden Ansätzen der Verfahrens- und Wasserqualitätsbewertung wird ein integriertes Bewertungskonzept entwickelt und angewendet. AP 3 „Risikomanagement“ umfasst hierbei die chemischen Analysen (Target- und Non-Target-Methoden) und die mikrobiologischen Analysen

Laufzeit

01.02.2021 – 30.01.2024

Koordination:

Prof. Dr.-Ing. Thomas Wintgens
 Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen (ISA)
 Mies-van-der-Rohe-Str. 1, 52074 Aachen
 E-Mail: sekretariat@isa.rwth-aachen.de

Webseite

www.flextreat.de

Verbundprojektpartner

Abwasserverband Braunschweig, Wendeburg
 Analytik Jena AG, Jena
 AUTARCON GmbH, Kassel
 Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz
 Erftverband, Bergheim
 inge GmbH, Greifenberg
 KWB Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH (KWB), Berlin
 p2m berlin GmbH (p2m), Berlin
 PEGASYS Gesellschaft für Automation und Datensysteme mbH, Meschede
 Universitätsklinikum Bonn, Bonn
 Xylem Services GmbH (Xylem), Herford

(z.B. Kulturverfahren und genbasierte PCR, auch zur Quantifizierung des Wiederverkeimungspotentials) und legt somit den Grundstein für das integrierte Bewertungskonzept.

Das AP 4 vereint die Erkenntnisse aus AP 1 bis 3 in Form eines technisch orientierten Leitfadens zur Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft vor dem Hintergrund der rechtlichen Rahmenbedingungen. Der Wasserwiederverwendung in der Praxis, insbesondere Technologieübertragbarkeit und -akzeptanz, soll durch zielgruppenorientierte Kommunikation und Stakeholder-Dialog der Weg geebnet werden.

Arbeitspaket (AP)	Titel	Verantwortliche
AP 1	Technische Innovationen	Herr Aumeier; ISA/RWTH
AP 2	Digital Green Tech	Herr Ried, Xylem
AP 3	Risikomanagement	Herr Miehe, KWB
AP 4	Verwertungspotential der FlexTreat-Lösungen fördern	Herr Schrage, p2m
AP 5	Projektmanagement	Herr Aumeier; ISA/RWTH

PU₂R

Point-of-Use Re-Use: Dezentrale landwirtschaftliche Wiederverwendung von häuslichem Abwasser zur Verringerung von Nutzungskonkurrenzen

Kurzbeschreibung

Das Verbundprojekt PU₂R befasst sich mit der dezentralen Aufbereitung von gesammeltem häuslichem Abwasser und dessen Verwendung zur Bewässerung von Nutzpflanzen. Sieben Institute/Unternehmen untersuchen gemeinsam mit dem Umweltbundesamt das Potential und mögliche Risiken der dezentralen Wasserwiederverwendung.

Klimatische Veränderungen führen regional vermehrt zu Wasserknappheit, wodurch Nutzungskonkurrenzen entstehen können. Durch die dezentrale Aufbereitung von häuslichem Abwasser und dessen Verwendung für die landwirtschaftliche Bewässerung können natürliche Wasserressourcen entlastet und Abwässer als wertvolle Ressource direkt vor Ort genutzt werden. Mit der bedarfsgerechten Aufbereitung sollen Risiken für Mensch und Umwelt durch Krankheitserreger oder Schadstoffe minimiert werden.

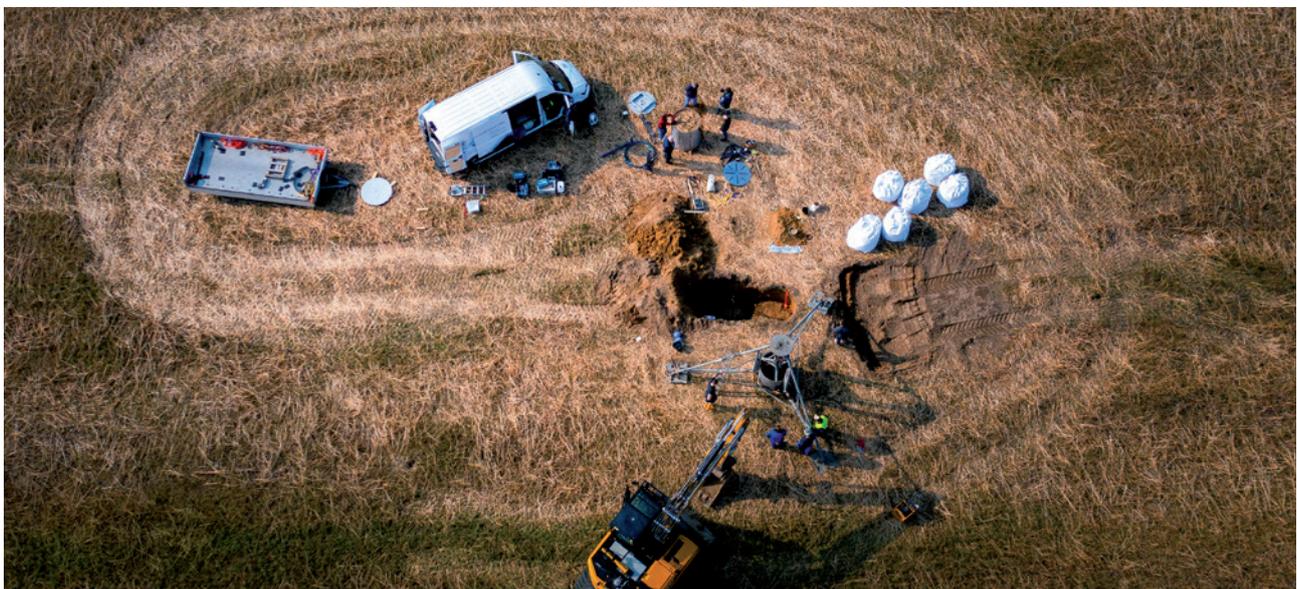
Im Rahmen von PU₂R wird Abwasser, das in vielen brandenburgischen Orten in abflusslosen Gruben gesammelt wird, mit Hilfe einer mobilen Anlage aufbereitet und auf einem Acker zur Bewässerung eingesetzt. Mit umfangreichen chemischen und mikrobiologischen Analysen werden mögliche Risiken für Mensch, Umwelt und die bewässerten Nutzpflanzen erfasst. In ergänzenden Labor- und Lysimeterversuchen werden Transport- und Transformationsprozesse untersucht. Die gewonnenen Daten werden für eine standortunabhängige Modellierung genutzt. Gemeinsam mit weiteren Datener-

hebungen und Dialogprozessen erlauben die Untersuchungen in PU₂R eine Abschätzung des Potenzials dezentraler Wasserwiederverwendung in Brandenburg und anderen nationalen und internationalen Regionen.

Ziele

In PU₂R soll ein mobiler dezentraler Aufbereitungsprozess, welcher mikrobiologische und chemische Anforderungen für die Bewässerung von Nutzpflanzen erfüllt und gleichzeitig den Erhalt von Nährstoffen im Wasser ermöglicht, entwickelt werden. Unter Laborbedingungen, in Lysimeterversuchen und im Freiland wird das Pflanzenwachstum untersucht und mit Hilfe angepasster Bewässerungssysteme optimiert. Anhand chemischer und mikrobiologischer Analysen werden die Belastungen von Wasser, Boden und Pflanzen mit Spurenstoffen, Bakterien (inklusive Resistenzen) und Viren untersucht. Unter Nutzung reaktiver Transportmodellierung soll ein quantitatives Vorhersageinstrument entwickelt werden.

Datenerhebungen und Dialogprozesse mit unterschiedlichen Stakeholdern bilden die Grundlage für eine Ermittlung des regionalen und überregionalen Potenzials dezentraler Wasserwiederverwendung. Die umfassenden Forschungsaktivitäten und Erhebungen ermöglichen eine wissenschaftlich fundierte Einschätzung möglicher Risiken und eine Ableitung sich daraus ergebender Anforderungen und Maßnahmen zum Risikomanagement, die in regulatorische Prozesse und Normungsaktivitäten eingehen könnten.



Feldarbeiten bei der Gewinnung von Lysimeterboden an einem brandenburgischen Ackerstandort. Quelle: Kento Ruhl, 2021.



Arbeitsschwerpunkte.

In **Arbeitspaket (AP) 1** werden Verfahrensoptionen zur mechanischen membranbasierten und photochemischen Hygienisierung bei gleichzeitigem Nährstoffhalt zur dezentralen Behandlung von häuslichen Abwässern entwickelt, um deren Verwendung in der landwirtschaftlichen Bewässerung zu ermöglichen. In **AP 2** werden Wirkungen auf das Wachstum und die Belastung von Pflanzen unter Berücksichtigung von Wasserinhaltsstoffen und Bodeneigenschaften untersucht. Umfangreiche Untersuchungen chemischer und mikrobiologischer Parameter ermöglichen in **AP 3** eine Risikoabschätzung für die Bewässerung mit zweckentsprechend aufbereitetem Abwasser.

Die Forschungsarbeiten in **AP 4** dienen der Entwicklung von digitalen Werkzeugen auf Basis der Daten aus Batch-, Laborsäulen- und Lysimeterversuchen. Relevante Prozessparameter werden identifiziert und mit Hilfe von Prozessmodellierung für Vorhersagen genutzt.

In **AP 5** werden auf Grundlage von Recherchen und Erhebungen landwirtschaftlich geprägte, von Trockenheit betroffene und nicht an die öffentliche Kanalisation angeschlossene Standorte insbesondere in Brandenburg identifiziert. Unter Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Kriterien sowie regulatorischer Bedingungen erfolgt eine Potenzialanalyse.

In **AP 6** wird in Realversuchen im Freiland an einem ausgewählten brandenburgischen Standort ein Acker mit dem behandelten Wasser bewässert. Die Umsetzung in die Praxis wird in **AP 7** durch Dialogprozesse mit Vertreter*innen aus Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz und Behörden begleitet. Eine effiziente Projektdurchführung und enge

Laufzeit

01.02.2021 – 30.01.2024

Koordination:

Dr. Aki Sebastian Ruhl
Umweltbundesamt (UBA)
Schichauweg 58, 12307 Berlin
Tel: 030-8903-4303
E-Mail: akisebastian.ruhl@uba.de

Webseite

www.umweltbundesamt.de/PU2R

Verbundprojektpartner

FH Münster, Institut für Infrastruktur, Wasser, Ressourcen, Umwelt (IWARU), Münster
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH, Department Analytik (UFZ), Leipzig
Humboldt-Universität Berlin, Pflanzenernährung und Düngung, Berlin
Ingenieurbüro Irriproject, Potsdam
Microdyn-Nadir GmbH, Wiesbaden
Technische Universität (TU) Braunschweig, Bodenkunde und Bodenphysik, Braunschweig
UV-EL GmbH & Co. KG, Dresden
Technische Universität Berlin, Wasserreinhaltung, Berlin (Assoziierter Partner)
Berliner Wasserbetriebe, F&E, Berlin (Assoziierter Partner)

Zusammenarbeit der Projektpartner werden in **AP 8** realisiert. Wissenschaftliche Publikationen und der Transfer von Ergebnissen in regulative Prozesse und Normung ermöglichen eine umfangreiche Verwendung und Veröffentlichung der gewonnenen Daten.

Arbeitspaket (AP)	Titel	Verantwortliche
AP 1	Abwasseraufbereitung	Prof. Dr. Jens Haberkamp, FH Münster
AP 2	Bewässerungsversuche	Prof. Dr. Christof Engels, Humboldt-Universität Berlin
AP 3	Risikoabschätzung	Prof. Dr. Thorsten Reemtsma, UFZ
AP 4	Prozessidentifikation und Modellierung	Dr. Andre Peters, TU Braunschweig
AP 5	Potenzialanalyse	Dr. Fatima El-Athman, UBA
AP 6	Freilandversuche (Reallabor)	Dirk Borsdorff, Ingenieurbüro Irriproject
AP 7	Dialogprozesse	Manuela Helmecke (oder Dr. Aki Sebastian Ruhl), UBA
AP 8	Koordination und Verwertung	Dr. Aki Sebastian Ruhl, UBA

HypoWave+

Implementierung eines hydroponischen Systems als nachhaltige Innovation zur ressourceneffizienten landwirtschaftlichen Wasserwiederverwendung

Kurzbeschreibung

Das zukunftsweisende Projekt „HypoWave+“ baut auf den Ergebnissen des Vorgängerprojekts auf. Im Vordergrund steht dabei die wissenschaftliche Begleitung der Implementierung in Weißenberge bei Gifhorn. Die dort praktizierte hydroponische Gemüseproduktion wird mit Bewässerungswasser versorgt, das umweltschonend im Recycling gewonnen wird. Die Wasseraufbereitung orientiert sich an aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und setzt modernste Technologien ein. Im Zentrum steht dabei ein neuartiger Aktivkohle-Biofilter. Um eine bedarfsgerechte Düngung zu ermöglichen, wird überdies ein an die Bedürfnisse der Pflanzen angepasstes Nährstoffmanagement umgesetzt, was die im Ausgangswasser vorhandenen Nährstoffe nutzt. Die Abstimmung zwischen angepasster, ressourcenorientierter Wasseraufbereitung und Pflanzenproduktion erfolgt unter Zuhilfenahme von künstlicher Intelligenz basierend auf Sensorik und künstlichen neuronalen Netzen.

Die Einführung dieser neuen Art der regionalen Gemüseproduktion wird zusätzlich unterstützt über die Entwicklung eines übergreifenden Qualitätsmanagements. Zudem wird die

Etablierung dieses neuen Marktsegments in der Siedlungswasserwirtschaft als auch Gemüseproduktion unter Einbeziehung der lokalen und regionalen Akteure begleitet. Dabei wird methodisch auf ein Reallabor zurückgegriffen.

Ableitend aus den Arbeiten in den einzelnen thematischen Bereichen und der Begleitung der Implementierung in Gifhorn beschäftigt sich HypoWave+ mit der Frage der Übertragbarkeit für andere Standorte.

Ziele

HypoWave+ zielt auf zahlreiche Innovationen im wissenschaftlich-technischen aber auch gesellschaftlichen Bereich ab. Hierzu zählt die wissenschaftliche Begleitung der Erprobung einer hydroponischen Produktion von Kulturpflanzen mittels Wasserwiederverwendung unter realistischen sozio-ökonomischen Vermarktungsbedingungen durch ein neu gegründetes regionales landwirtschaftliches Start-up. Hinzu kommt die weitgehende Automatisierung der Betriebsführung bei der Wasseraufbereitung sowie der Wasserzufuhr und -versorgung für die hydroponische Anlage durch Einsatz von „künstlicher Intelligenz“ und Digitalisierung.



Hydroponische Salatproduktion mit unterschiedlich aufbereitetem Bewässerungswasser im Vorläuferprojekt HypoWave.
Quelle: Thomas Dockhorn, September 2017.



Das gewählte Setting untersucht damit die Erprobung der Umsetzung der neuen europäischen Verordnung zur Wasserwiederverwendung insbesondere hinsichtlich Risikoabschätzung, Risikomanagement und Risikokommunikation. Zugleich sollen abgestimmte Maßnahmen und Zielsetzungen in Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement, zu einer Sicherung und weiteren Verbesserung der Prozesse führen.

Arbeitsschwerpunkte.

Folgende Arbeitsschwerpunkte stehen bei HypoWave+ im Fokus:

- Anbahnung eines neuen Marktsegments mittels eines Reallabors für die Siedlungswasserwirtschaft zur Erzeugung von Bewässerungswasser für die Hydroponie mittels nachhaltigem Wasserrecycling.
- Einführung einer neuen Form der regionalen Gemüseproduktion im zunächst geschützten Rahmen eines transdisziplinären FuE-Vorhabens.
- Entwicklung eines integrierten Qualitätsmanagements beginnend bei der Wasseraufbereitung über die Nahrungsmittelproduktion bis zu deren Verkauf unter Berücksichtigung des rechtlichen Rahmens (u.a. die neue EU-Verordnung zur Wasserwiederverwendung).
- Entwicklung eines biointelligenten Gesamtsystems aus Wasseraufbereitung und Gemüseproduktion auf der Basis von Sensorik und Künstlichen Neuronalen Netzen als innovative digitale Elemente.
- Etablierung eines Aktivkohlebiofilters als neue und hocheffiziente Behandlungsstufe zur Erzeugung von hochwertigem Bewässerungswasser.
- Erarbeitung und Umsetzung eines an die Bedürfnisse der Pflanzen angepassten Nährstoffmanagements auf der Basis im Wasser vorhandener Sekundärnährstoffe.

Laufzeit

01.02.2021 – 30.01.2024

Koordination:

Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Dockhorn
 Institut für Siedlungswasserwirtschaft,
 Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig
 (TU Braunschweig)
 Pockelsstr. 2a, 38106 Braunschweig
 E-Mail: t.dockhorn@tu-bs.de

Webseite

www.hypowave-plus.de

Verbundprojektpartner

Abwasserverband Braunschweig, Braunschweig
 Ankermann GmbH & Co. KG (EDEKA), Meine
 aquatune GmbH, a Xylem brand, Limburg an der Lahn
 Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und
 Bioverfahrenstechnik IGB, Stuttgart
 Huber SE, Berching
 Integar – Institut für Technologie im Gartenbau GmbH,
 Dresden
 ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung,
 Frankfurt a.M.
 Universität Hohenheim, Stuttgart
 Regioland GmbH & Co. KG, Wahrenholz
 Wasserverband Gifhorn, Gifhorn

Arbeitspaket (AP)	Titel	Verantwortliche
AP 1	Bewässerungswasseraufbereitung	Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Dockhorn, TU Braunschweig
AP 2	Pflanzenproduktion	Dr. Jörn Germer, Universität Hohenheim
AP 3	Digitalisierung und Monitoring	Dr.-Ing. Marius Mohr, IGB
AP 4	Reallabor: Institutionelle Neuerungen	Dr.-Ing. Martina Winker, ISOE
AP 5	Integriertes Qualitätsmanagement	Dr.-Ing. Martina Winker, ISOE
AP 6	Übertragbarkeit	Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Dockhorn, TU Braunschweig
AP 7	Projektleitung und Wissensmanagement	Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Dockhorn, TU Braunschweig

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung



Wasser: N

SCHUTZ. NUTZUNG. INNOVATION.



www.bmbf-wave.de