HighCon

NEWSletter

September 2018

KONZENTRATE AUS DER ABWASSERWIEDERVERWENDUNG

EDITORIAL

Wir freuen uns, Ihnen die zweite Ausgabe unseres HighCon-Newsletters vorstellen zu dürfen. Der HighCon-Newsletter informiert Sie aktuell über den Projektfortschritt vor allem an den Demonstrationsstandorten sowie den eingesetzten Technologien und gibt einen Überblick über die Aktivitäten im Projekt „HighCon - Konzentrate aus der Abwasserwiederverwendung“.

Das Projekt läuft nun seit zwei Jahren. Seitdem ist einiges passiert und es ist viel Arbeit geleistet worden. HighCon ist ein anwendungsorientiertes Projekt, das insbesondere die Zusammenarbeit von Unternehmen und Forschungseinrichtungen erfordert, um Lösungen für die nächste Generation des ressourceneffizienten Wassermanagements in der Industrie zu entwicklen. Die Wiederverwendung von Wasser spielt hierbei eine bedeutende Rolle, wobei der Fokus auf den entstehenden Konzentraten liegt und deren Aufbereitung sowie der Rückgewinnung von Ressourcen. Unsere Newsletter präsentieren die neuesten Ergebnisse, liefern Beschreibungen zu Technologien oder Partnern und machen auf aktuelle Aktivitäten oder Veranstaltungen aufmerksam.

Viel Spaß beim Lesen. Wenn Sie mehr über HighCon erfahren möchten, besuchen Sie gerne unsere Website www.highcon.de.

Ihr HighCon-Team

Abbildung 1: HighCon Konsortium beim Kick-off Meeting in Berlin (Foto: TU Berlin)

Projektvorstellung

Das Projekt HighCon wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenprogramm „Forschung für nachhaltige Entwicklungen“ (FONA) innerhalb des Förderschwerpunktes „Nachhaltiges Wassermanagement“ (NaWaM) als Teil der Fördermaßnahme „Zukunftsfähige Technologien und Konzepte zur Erhöhung der Wasserverfügbarkeit durch Wasserwiederverwendung und Entsalzung (WavE)“ von 2016 bis 2019 gefördert. Das Projekt wird vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut und von der Technischen Universität Berlin koordiniert. Neben Partnern aus der Industrie (WEHRLE Umwelt GmbH, SolarSpring GmbH, Terrawater GmbH, DEUKUM GmbH) sind auch die DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE und die DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie beteiligt.

Ziel des Projekts ist die Entwicklung von innovativen, mehrstufigen und selektiven Prozessen zur Wiederverwendung von industriellem Abwasser bis hin zur Verwertung der Konzentratinhaltsstoffe. Basierend auf den Anforderungen ausgewählter Industriebranchen werden innovative Technologien wie die Membrandestillation, selektive Niedertemperatur-Destillation-Kristallisation und die Elektrodialyse Methathese weiterentwickelt und an spezifische Anwendungen angepasst. Ein Simulationswerkzeug soll die komplexen Zusammenhänge von den Rohwasserströmen bis zur Konzentratverwertung abbilden und damit erstmalig die Wasserwiederverwendung ganzheitlich optimieren. Die Prozesse und Verfahren sollen am Beispiel mehrerer Demonstrationsstandorte erprobt werden.

Einen Überblick zum Projekt HighCon finden Sie auch in unserem Projektflyer unter www.highcon.de.

INHALT

Projektkoordination und Entwicklung selektiver Kristallisationsverfahren (TU Berlin)	2
Deckschichtquantifizierung mittels der Optischen Kohärenztomographie (OCT) bei der Membran Destillation (DVGW)	3
Beseitigung des refraktären CSBs in den Konzentraten (WEHRLE Umwelt GmbH)	4
Endlich ins Feld! (SolarSpring)	5
Elektrodialysemetathese zur Vorsortierung von Ionen (DEUKUM GmbH und Fraunhofer Institut)	6
Partner / Koordination	7

Projektkoordination und Entwicklung selektiver Kristallisationsverfahren

Technische Universität Berlin, Umweltverfahrenstechnik

Das Fachgebiet „Umweltverfahrenstechnik“ der TU Berlin konzipiert und entwickelt Verfahren und einzelne Verfahrensschritte für Stoffumwandlungsprozesse, speziell für die Abwasserbehandlung. Die Forschungsarbeiten des Fachgebietes konzentrieren sich auf die Entwicklung und Anwendung neuartiger Technologien und die Modellierung und Simulation verschiedener Abwasserbehandlungsverfahren.

Bisherige Aktivitäten

- Wichtige Meilensteine erreicht:
  - Prozessschemata für eine Demonstratoranlage bis hin zur Aufstellungsplanung wurden erstellt. Am Produktionsstandort Berlin der DEK (Deutsche Extrakt Kaffee GmbH) wird im Juli 2018 auf dieser Basis die Montage der Demonstrationsplattform beginnen.
  - Die Prototypenmodelle der HighCon Technologien sind im Technikumsmaßstab erprobt worden.
  - Wege zur Vorbehandlung mit dem Ziel der Reduktion refraktärer Organik wurden im Technikum untersucht.

- Analyse der anfallenden Frachten an den Anwendungsstandorten (Stoffstromanalysen):
  - Identifizierung und Quantifizierung von Entsorgungskosten als Grundlage für die Erstellung angepasster Prozessketten.

- Untersuchung der MBR-Betriebsführung:
  - Seit Januar 2017 wird ein Membranbioreaktor (MBR) im Technikum der TU Berlin zur Behandlung von Abwassers eines Demonstrationsstandortes betrieben.
  - Eine für die Gesamtprozesskette ausreichende Eliminierung refraktärer organischer Verbindungen ist nicht allein durch die Optimierung der MBR-Betriebsführung möglich, sodass nun Untersuchungen in Kombination mit einer Abwasser-Vorbehandlung erfolgen.

- Aktuelle Untersuchungen zur selektiven Niedertemperatur-Destillation-Kristallisation (TU-Berlin)
  - In Zusammenarbeit mit der Firma Thermal Purification Technologies (TP-TEC) wurden mess- und regelungstechnische Aufgabenstellungen spezifiziert und die ersten Komponenten beschafft.
  - Parallel werden die Grundlagenuntersuchungen zur selektiven Kristallisation fortgesetzt. Mit der Simulation und Rotationsverdampferversuchen wurden Betriebskonzepte zur thermischen Trennung von Ionen und organischen Verunreinigungen erstellt.

- Rotationsverdampfer-Versuche:
  - Aufbauend auf den Erkenntnissen zur Trennung eines Zwei-Salz-Modellabwassers konnte der Einfluss der im Konzentrat vorhandenen Organik für den Demonstrationsstandort der DEK GmbH quantifiziert werden.
  - Der Umgang mit den in Wasseraufbereitungsprozessen häufig verwendeten „Antiscalants“ ist eine besondere Herausforderung für die selektive Kristallisation. Mit der Klassifizierung der Antiscalants in Stoffgruppen und Wirkmechanismen wird das Thema nun strukturiert weiter bearbeitet.

Abbildung 2: Demonstratoranlage am Standort der DEK (Quelle: TU Berlin)

Deckschichtquantifizierung mittels der Optischen Kohärenztomographie (OCT) bei der Membran Destillation

DVGW Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Bereich Wasserchemie und Wassertechnologie

Die DVGW Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut (EBI) des KIT beschäftigt sich in den vier Forschungsbereichen: Wasserqualität, Wassertechnologie, Biologische Abwasserreinigung und Biologische Grenzflächen. Im Bereich der Wassertechnologie werden vor allem Membranverfahren zur Aufbereitung unterschiedlicher Wässer näher betrachtet und das Foulingverhalten untersucht. Diese Untersuchungen werden im Projekt HighCon vor allem für die Membrandestillation angewandt. Zudem werden weitreichende Wasseranalysen innerhalb des Projektes am EBI durchgeführt.

Die Membrandestillation ist ein junges und innovatives Membranverfahren, das zur Aufbereitung verschiedenster Abwässer Anwendung findet. Gerade bei der Behandlung von hoch salzhaltigen Wässern bietet dieses thermische Verfahren Vorteile gegenüber druckgetriebenen Verfahren. Treibende Kraft bei der Membrandestillation ist ein Dampfdruckgradient über die mikroporöse Membran. Als prozesslimitierend gilt jedoch die Ausbildung von Deckschichten, die die Permeabilität verringert und die Temperaturpolarisation verstärkt, was in einem Rückgang des Flux resultiert. Die Entstehung dieser Deckschichten ist in dieser Verfahrensanwendung nur wenig untersucht und wird oft erst durch den Rückgang des Flux diagnostiziert. Mittels der optischen Kohärenztomographie (OCT) soll die überwiegend anorganische Deckschicht in situ visualisiert und mittels speziell entwickelter Auswertemethoden quantifiziert werden.

Die Entwicklung einer speziellen Auswertemethode konnte in den ersten Versuchen bereits erfolgreich angewandt werden und ermöglichte sowohl Quantifizierung als auch Visualisierung der anorganischen Deckschicht. Dabei lassen die Ergebnisse eine nicht Spacer-induzierte Scalingbildung vermuten. Des Weiteren konnte eine direkte Korrelation zwischen Membranbedeckungsgrad und Rückgang des Fluxes ermittelt werden. Die OCT hat sich dabei als geeignete Methode des in-situ Monitoring von Ablagerungen auf der MD Membran bestätigt (Abbildung 3).

In weiterführenden Versuchen, sollen verschiedene Verfahrensvarianten und Wässer miteinander verglichen werden. Des Weiteren soll die Entwicklung von Parametern zur Prognosen der Membranbedeckung vorangetrieben werden.

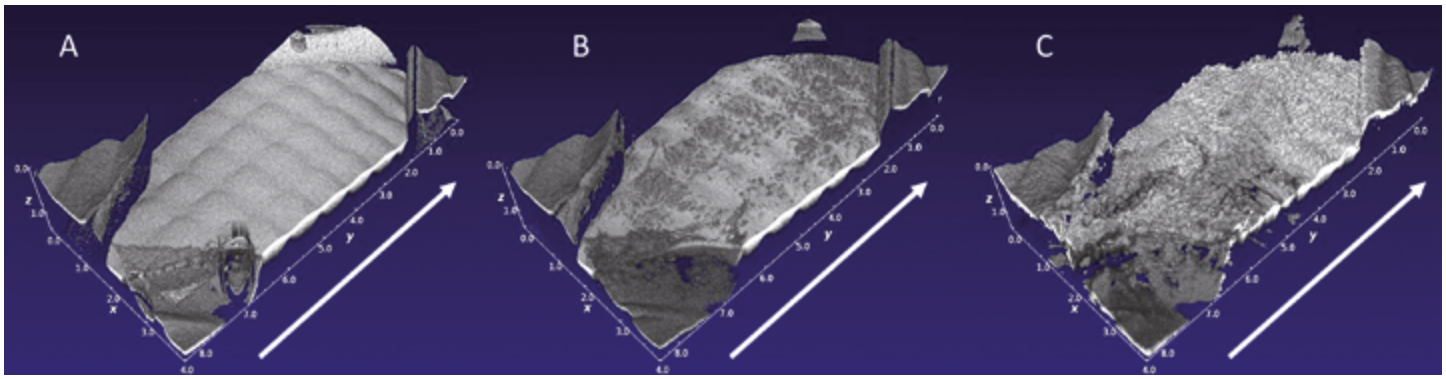

Abbildung 3: Die 3D-Aufnahmen der Membran nach einem Tag (A), nach zehn Tagen (B) und nach 30 Tagen (C) zeigen eine deutliche Zunahme an Deckschicht über die Versuchsdauer von 30 Tagen während einer Direct Contact Membrandestillation von Thermalwasser. Die Pfeile deuten die Fließrichtung des Feed-Wassers an (Quelle: DVGW-EBI)

WEHRLE Umwelt GmbH: Beseitigung des refraktären CSBs in den Konzentraten

WEHRLE Umwelt GmbH

Die WEHRLE Umwelt GmbH befasst sich seit mehr als 30 Jahren mit der Reinigung schwieriger und hochbelasteter Industrieabwässer und mit Recycling/ZLD-Verfahren. Hierfür setzt WEHRLE alle Technologien zur Abwasserbehandlung ein, die dem Stand der Technik entsprechen. Dazu gehören auch die Nanofiltration oder die Umkehrosmose zum Wasserrecycling und zur Stofftrennung.

Im HighCon-Projekt fällt WEHRLE die Aufgabe zu, den refraktären CSB aus den zu behandelnden Konzentraten zu entfernen, denn dieser stört zum einen die nachfolgenden innovativen Prozesse durch die Bildung von Ablagerungen, zum anderen verhindert der CSB, dass die Wasserinhaltsstoffe in sortenreine Wertstoffe transformiert werden können.

Bisherige Ergebnisse

Labor:
In 2017 wurde in Laborversuchen erfolgreich gezeigt, dass ausgewählte NF-Membranen den CSB aus den Konzentraten abtrennen können (Newsletter 2017). Doch entsteht dabei ein Reststrom, der neben dem refraktären CSB auch fast alle mehrwertigen Ionen (z.B. SO_4, Ca, Mg) enthält. Dieser Reststrom stellt bislang einen Abfall dar, wodurch die mehrwertigen Ionen der Wertstoffrückgewinnung nicht zur Verfügung stehen. Deswegen wurden Methoden zur Elimination des CSBs vergleichend getestet mit dem Ziel, die mehrwertigen Ionen der Wertstoffrückgewinnung zugänglich zu machen. Hierzu wurden neben der Aktivkohleadsorption die Flockung/Fällung mit einem Flockungsmittel speziell für gelösten CSB getestet sowie die Oxidation der organischen Stoffe mittels Elektrolyse.

Sowohl durch Aktivkohleadsorption als auch durch Elektrolyse ist die fast vollständige Elimination des refraktären CSBs möglich. Es zeigte sich aber auch, dass sich die Abwässer sehr stark in ihrem Verhalten unterscheiden, so dass Betriebsdaten jeweils individuell ermittelt werden müssen (Aktivkohlebedarf, Stromverbrauch, zeitl. Verlauf). Die Fällungsversuche hingegen waren wenig erfolgreich.

NF-Demonstrator:
Um die Laborergebnisse und Entwicklungsarbeiten unter realen Bedingungen zu überprüfen und weiterzuentwickeln, werden alle HighCon-Technologien im Demonstratormaßstab gebaut und anschließend an den Demonstrationsstandorten im Zusammenspiel getestet. WEHRLE hat zu diesem Zweck einen NF-Demonstrator entwickelt, der noch im Juli 2018 am ersten Standort in Berlin in Betrieb gegangen ist.

Ausblick:
Im Herbst 2018 werden die Laborversuche voraussichtlich abgeschlossen sein. Seit Sommer 2018 wird das Zusammenspiel der NF mit den anderen Technologien an den Abwässern verschiedener Industriepartner getestet sowie jeweils der Betrieb der NF optimiert.

Abbildung 4: NF Demonstrationsanlage zum Aufbau bei der DEK in Berlin [A], Elimination des refraktären CSBs in Konzentraten durch Elektrolyse – sichtbar gemacht durch die Entfärbung [B] (Quelle: WEHRLE Umwelt GmbH)

Endlich ins Feld!

SolarSpring GmbH

SolarSpring ist ein in Freiburg ansässiges Clean-Tech-Unternehmen mit industriellen Abwasser- und Wasseraufbereitungssystemen auf Basis von Membrandestillation (MD) und Ultrafiltration (UF).

SolarSpring ist eines der führenden Unternehmen weltweit in der Entwicklung von kommerziellen Produkten bezüglich MD, eine neuartige und bahnbrechende Technologie für industrielle Abwasseranwendungen und wissenschaftliche Untersuchungen. Der thermisch angetriebene MD-Prozess eignet sich für die Konzentration und Reduzierung von Abwasserströmen oder die Abtrennung von flüchtigen Bestandteilen. Die Anwendung fortschrittlicher Membranmodulkonzepte und der Einsatz von Abwärme in den Systemen führt zu energie- und kosteneffizienten Prozessen im Vergleich zu herkömmlichen Technologien.

Bisherige Ergebnisse und Ausblick

Seit dem letzten Newsletter hat sich bei SolarSpring vor allem in der Modulentwicklung einiges getan. Durch das Zusammenführen der Ergebnisse aus den Voruntersuchungen mit den neusten Entwicklungen aus der Konstruktion, ist ein neuartiger Modulprototyp entstanden, der im Einmaldurchlauf einen hohen Konzentrationshub des salzhaltigen Abwassers erreichen kann (Abbildung 5).

In den anstehenden Feldversuchen bei der DEK und später bei L'Oreal werden unterschiedliche Betriebsweisen und die Abstimmung mit der gesamten Prozesskette eingehend erprobt und untersucht.

Abbildung 5: Neuartiger Modulprototyp für den Demonstrator der Pilotanlage (Quelle: SolarSpring GmbH)

Elektrodialysemetathese zur Vorsortierung von Ionen

DEUKUM GmbH und Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme

Die Firma Deukum und das Fraunhofer ISE verfolgen den Ansatz, eine Umsalzung mit Hilfe einer speziellen Elektrodialysekonfiguration umzusetzen. Die Firma Deukum realisiert neue Modulkonfigurationen mit Ionentauschermembranen und Anlagen mit mehreren Fluidkreisen, während das Team am Fraunhofer ISE diese Arbeiten durch die Entwicklung von Methoden zur Membrancharakterisierung, die Analyse unterschiedlicher Systemkonfigurationen und Messungen wissenschaftlich vorbereitet und begleitet.

Bisherige Ergebnisse und Ausblick

Bisher wurde ein System zur Elektrodialysemetathese (EDM) realisiert, bei dem ein zusätzlicher Speisekanal reine Natriumchloridlösung zur Verfügung stellt, um den Ionen aus dem Rohwasser einwertige Anionen- und Kationenpartner anzubieten. Der Rohwasserkanal und die Natriumchloridlösung werden dabei entsalzt. Es entstehen zwei Konzentrate. Im einen sind vorwiegend Salze mit Na^+ als Kation zu finden, im anderen Chloridsalze. Die sich ergebenden Konzentratlösungen sind gut löslich und können hochaufkonzentriert werden. Nach der EDM werden sie zunächst in der Membrandestillation bis in den Bereich der Sättigung aufkonzentriert, um dann ausgefällt zu werden. Bei dieser Konfiguration konnten konventionelle Ionentauschermembranen eingesetzt werden. Die Messergebnisse konnten die Theorie und die analytische Bilanzierung bestätigen. Nachteil dieser Methode ist das Zusetzen von Natriumchlorid.

Da in allen bisher untersuchten industriellen Abwasserkonzentraten Natriumchlorid ohnehin den höchsten Anteil ausmacht und es eher interessant ist, diese für den Prozess zurückzugewinnen, ist es nicht sinnvoll, zusätzliche Natriumchloridlösung für einen Umsaltzungsprozess einzusetzen.

Daher sollen in HighCon ionenselektive Membranen in einer speziellen Reihenfolge eingesetzt werden, um eine vergleichbare Auftrennung ohne die Zugabe von Natriumchlorid zu erreichen (Abbildung 6). Bislang bieten nur wenige Hersteller weltweit ionenselektive Ionenaustauschermembranen an. Die Angaben zur Selektivität sind für die Prozessauslegung meist wenig aussagekräftig und verlässlich. Daher hat das Fraunhofer ISE eine Methode zur Charakterisierung dieser Membranen entwickelt. Eine reine Membranleitfähigkeitsmessung (Abbildung 7) in unterschiedlichen Salzlösungen hat bislang wenig aussagekräftige Ergebnisse geliefert. Eine vom Fraunhofer ISE vorgeschlagene Labor-ED-Zelle soll die Charakterisierung der Membranen, sowie die Umsetzung neuer EDM-Konfigurationen zukünftig stark vereinfachen und beschleunigen.

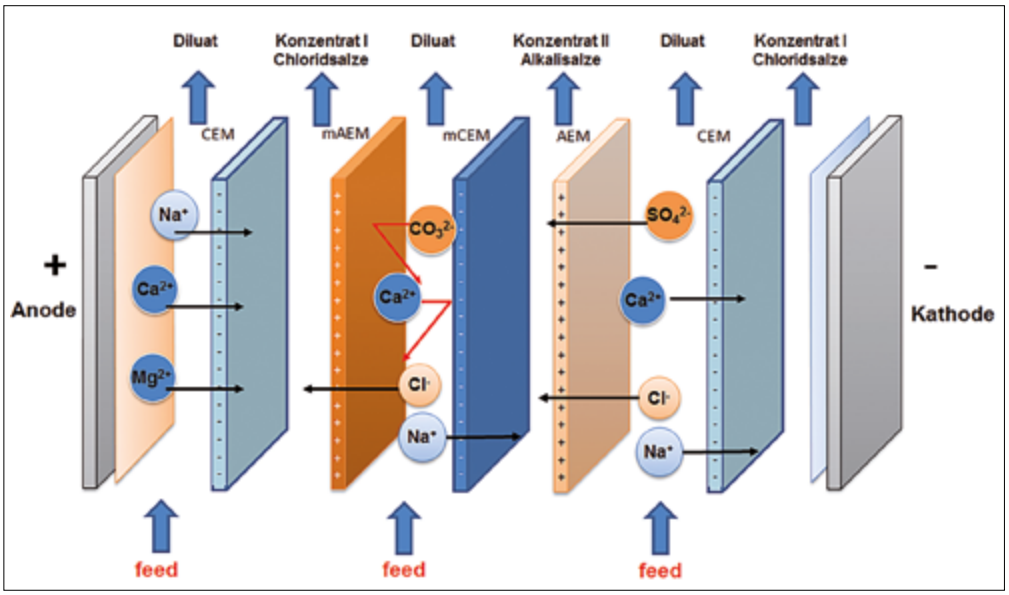

Abbildung 6: Aufbau eines EDM-Stacks zur Fraktionierung einer Salzlösung in Alkali- und Chloridsalze, Abkürzungen: CEM – Kationenaustauschermembran; mCEM – monoselektive Kationenaustauschermembran; entsprechend AEM und mAEM für Anionenaustauschermembran, (Quelle: Fraunhofer ISE)

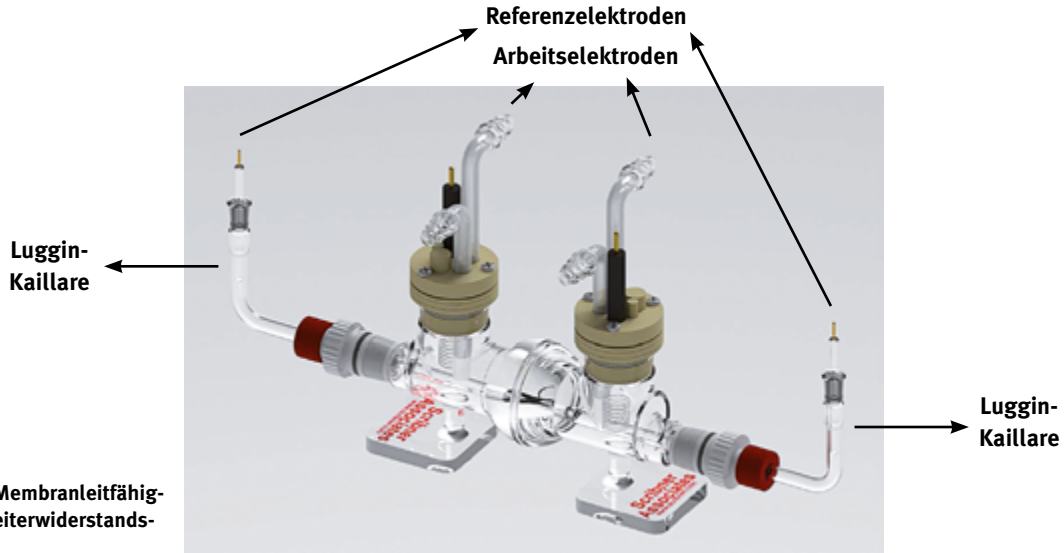

Abbildung 7: Aufbau eines Membranleitfähigkeitsmessgerätes mit Vierleiterwiderstandsmessung (Quelle: Scribner)

KONSORTIUM

Technische Universität Berlin

DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.

DEUKUM

DVGW

Fraunhofer ISE

SolarSpring membrane solutions

terra water

WEHRLE

DEMONSTRATIONSSTANDORTE

CLARIANT

DEUTSCHE EXTRAKT KAFFEE GMBH BERLIN

L'ORÉAL

MEWA TEXTIL-MANAGEMENT

WavE

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

KONTAKT

Koordinator:

Technische Universität Berlin
Fachgebiet Umweltverfahrenstechnik

Prof. Dr.-Ing. Sven-Uwe Geißen
Tel.: 030/314-22905
E-Mail: sven.geissen@tu-berlin.de

Projektdauer: 1. September 2016 – 31. August 2019