

## HighCon

### Konzentrate aus der Abwasserwiederverwendung

#### Kurzbeschreibung

Ziel des Verbundvorhabens 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 Nieder temperatur-Destillation-Kristallisation und die Elektrodialyse weiterentwickelt und an spezifische Anwendungen angepasst. Mit Hilfe eines Simulationswerkzeugs wird die ganzheitliche Optimierung der Wasserwiederverwendung ermöglicht.

#### Ergebnisse

Zu Projektbeginn wurden Stoffstromanalysen an den Anwendungsstandorten durchgeführt um auf dieser Grundlage ver-

schiedene Prozesse aus den HighCon Technologien zu entwickeln. Die Abbaubarkeit von Abwasserinhaltsstoffen stellt hierbei für die gesamte Prozesskette eine wesentliche Herausforderung dar, da die im Konzentrat verbleibenden organischen Komponenten bei der weiteren Aufbereitung hinderlich sind – vor allem mit Blick auf die Rückgewinnung von Salzen.

Um eben diese Trennung von refraktärer Organik und Salzen zu erreichen, wurden selektive Membranverfahren genutzt. Am Produktionsstandort der DEK Deutsche Extrakt Kaffee GmbH Berlin wurde von Juli bis Ende November 2018 die HighCon Demonstrationsanlage zur Untersuchung des HighCon Prozesses betrieben. Das biologisch gereinigte Abwasser wurde mittels Umkehrosmose (UO) aufkonzentriert und das Konzentrat konnte durch die folgenden Technologien bis hin



Abb. 27: HighCon Demonstrationsanlage am Standort der DEK Berlin mit folgenden Technologien (von vorne nach hinten): Nanofiltration, Elektrodialyse (Metathese) und Membrandestillation

zur Salzurückgewinnung aufbereitet werden: Nanofiltration (NF), Elektrodialyse (ED), und Membrandestillation (MD) sowie die alternative Destillation/Kristallisation (s. Abb. 27). Das beim Wasserrecycling anfallende Permeat wies grundsätzlich eine gute Qualität (Leitfähigkeit < 25  $\mu\text{S}/\text{cm}$  und TOC < 0,5 mg/L) für denkbare Wiederverwendungen als Kühlwasser, Reinigungswasser oder Kesselspeisewasser (ggf. nach einer weiteren Aufbereitung) auf.

Durch die NF konnte eine hervorragende Trennung von Organik und einwertigen Ionen erreicht werden, sodass die Organik-Konzentrationen mit < 10 mg/L TOC im NF Permeat sehr gering ist. Das NF-Permeat wurde mittels ED und MD weiter aufkonzentriert. Die Destillation/Kristallisation wurde zunächst mit Hilfe von Rotationsverdampfer-Versuchen im Labormaßstab durchgeführt. Bei einer selektiven Kristallisation konnten zwei nahezu organikfreie Salzgemische mit unterschiedlicher Zusammensetzung erzeugt werden: Fraktion 1 enthält zu etwa 90 % ein Gemisch aus Natriumkarbonat und -hydrogenkarbonat mit geringen Anteilen an NaCl und  $\text{KNO}_3$ . Bei Fraktion 2 handelt es sich um ein Salzgemisch bestehend aus allen verbleibenden Ionen. Dieses Gemisch ist nicht für eine Wertstoffrückgewinnung geeignet, kann aber u.U. Verwertung im Bergversatz finden, da es auch Organik frei ist.

Die Demonstration wurde anschließend in Freiburg beim Fraunhofer ISE fortgesetzt. Hier wurde die Aufbereitung des UO-Konzentrats aus der Abwasseraufbereitung der L'Oréal Produktion Deutschland GmbH & Co. KG untersucht. Das Konzentrat zeichnet sich gegenüber dem UO-Konzentrat der DEK durch hohe Salzgehalte und vergleichsweise geringe Organik-Konzentrationen aus. Für die Salzurückgewinnung aus dem Konzentrat von L'Oréal wurde u.a. das Verfahren der Multi Effect Humidifikation (MEH) zur Kristallisation erprobt (s. Abb. 28). Hierfür wurde eigens ein wartungsarmer Kühlturm neuentwickelt.

In HighCon wurde eine Methode zur Visualisierung von Fouling und Scaling entwickelt, welche die Optische Kohärenztomografie nutzt. Durch eine optimierte und angepasste Bildverarbeitung ist es gelungen, Deckschichten quantifizierbar zu machen. Es existiert eine kritische Foulingrate, bei der sich die Prozessleistung signifikant verschlechtert. Das neue Verständnis der Deckschichtbildung erlaubt es verbesserte Reinigungsstrategien zu entwickeln und kann somit zur Sicherheit und Effizienz von Membranprozessen beitragen.



Abb. 28: Rückgewonnene Salze aus dem Produktionsabwasser der L'Oréal Produktion Deutschland GmbH & Co. nach Behandlung mit der TerraSaline S (ASL) (Quelle Terrawater GmbH)

#### Koordinator:

Prof. Dr.-Ing. Sven-Uwe Geißen, Technische Universität Berlin, FG Umweltverfahrenstechnik

#### Projektpartner:

DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Frankfurt am Main

DEUKUM GmbH, Frickenhausen

DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie, Karlsruhe

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg

SolarSpring GmbH, Freiburg

Terrawater GmbH, Kiel

WEHRLE Umwelt GmbH, Emmendingen

#### Laufzeit:

01.09.2016 – 31.12.2019

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

Demnach wurden Lösungen zur energie- und kosteneffizienten Verwertung von Konzentraten entwickelt. Die Ergebnisse ermöglichen eine vollständige Konzentratbehandlung mit < 4 €/m<sup>3</sup>. Es können Wasserrecyclingraten von > 95 % bezogen auf den Gesamtprozess erreicht werden. Weiterhin können abhängig von der Konzentratzusammensetzung bis zu 40 % der Salze zurückgewonnen werden, sodass die Salzfracht, die an die Umwelt abgegeben wird, stark reduziert wird. HighCon trägt zur Erhöhung der industriellen Wasserwiederverwendung, zur Schonung von Frischwasserressourcen und zum Erhalt der Biodiversität bei.

#### Perspektiven für die Praxis

Trotz der technischen Umsetzbarkeit der Konzentrataufbereitung mit Salzurückgewinnung (mit vertretbarem Kostenaufwand) ist sie momentan oft nicht attraktiv, da z. B. die Entsorgung über die Indirekteinleitung weiterhin kostengünstiger ist. Die Rückgewinnung von Konzentratinhaltsstoffen allein wird zum aktuellen Zeitpunkt selten wirtschaftlich sein. Es gibt jedoch weitere Faktoren, die eine Konzentratbehandlung durch HighCon Prozesse interessant machen. Bei steigenden Preisen für die Entsorgung kann die Trennung von Stoffgruppen mittel- bis langfristig eine wirtschaftliche Alternative zur ohnehin benötigten konventionellen Konzentratbehandlung sein. Auch können die HighCon Prozesse durch eine Erhöhung der Recyclingwasserausbeute oder die Vermeidung jeglicher flüssiger Restströme (ZLD) für Anwender insbesondere in ariden Gebieten attraktiv werden.

Trotz der Erfolge aus dem Verbundvorhaben besteht noch Forschungsbedarf für den Umgang mit Konzentraten aus industriellem Wasserrecycling. Die Wichtigkeit des Themas wird durch den IWA Resource Recovery Cluster Award deutlich, mit dem das Projekt HighCon ausgezeichnet wurde. <https://iwa-network.org/news/highcon-wins-iwa-resource-recovery-cluster-best-practice-award-2019/>