

Hintergrund

Bei der Wiederverwendung kommunaler und industrieller Abwässer entstehen bis zu 40% Konzentrate (bezogen auf den Abwasserstrom), die fast ausschließlich in kommunale Kläranlagen eingeleitet werden. Sie enthalten Salze, schwer abbaubare organische Verbindungen und ggf. auch Schwermetalle. Durch die Behandlung der Konzentrate kann eine Abtrennung dieser Stoffe erzielt werden, was sowohl zum Gewässer-

schutz beiträgt, als auch eine Rückgewinnung der verschiedenen Stoffe ermöglicht. Angesichts hoher Entsorgungskosten für Konzentrate und einem vorhergesagten globalen Wachstum des Wasserrecycling- und Wiederverwendungsmarktes von jährlich 19% im Zeitraum von 2014 – 2019 [1] ist die Konzentratbehandlung von großer Relevanz, stellt jedoch auch eine besondere Herausforderung dar.

Konzept

Ziel des Verbundvorhabens ist die Entwicklung von mehrstufigen und selektiven Prozessen zur Wiederverwendung von Industrieabwasser bis hin zur Aufbereitung und Verwertung der Konzentratinhaltsstoffe (Abb. 1). Basierend auf den Anforderungen ausgewählter Industriebranchen werden innovative Technologien wie die Membrandestillation, monoselektive Elektrodialyse und selektive Niedertemperatur-Destillation-Kristallisation weiterentwickelt und an spezifische Anwendungen angepasst. Ein Simulationswerkzeug soll die komplexen Zusammenhänge von den Rohwasserströmen bis zur Konzentratverwertung abbilden und die Wasserwiederverwendung erstmalig ganzheitlich optimieren.

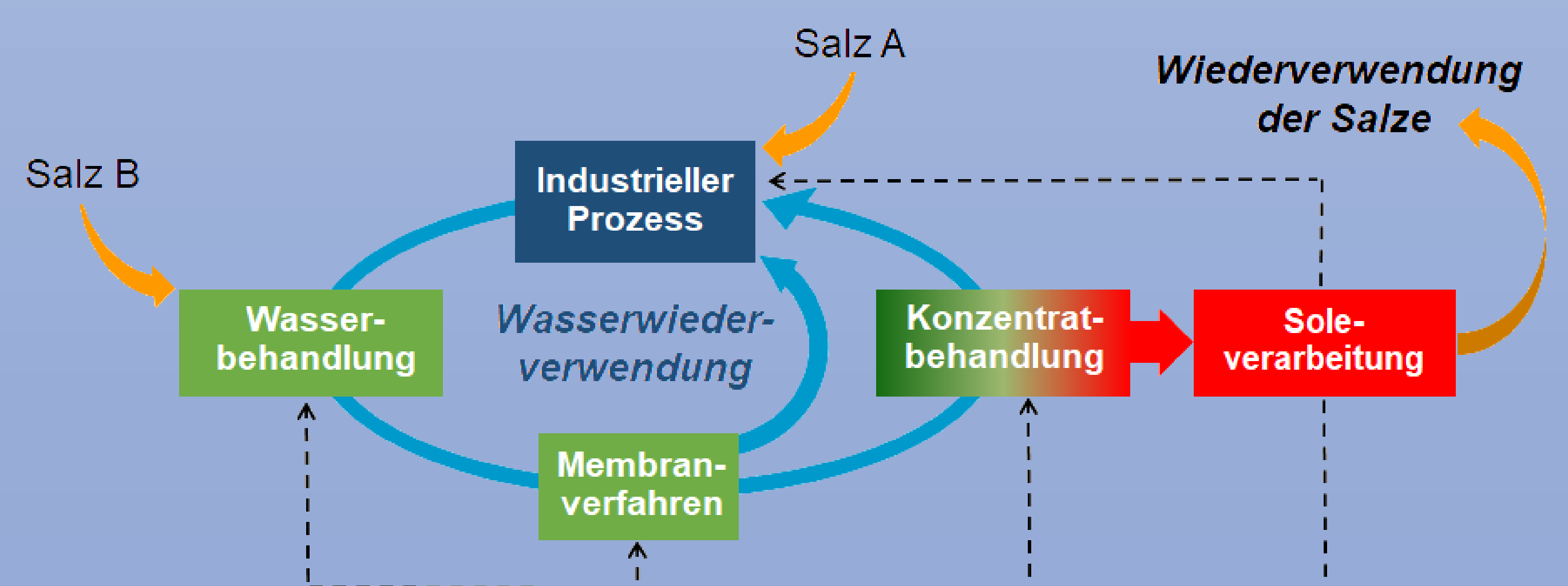


Abb. 1: HighCon-Konzept zur Abwasserwiederverwendung und Konzentratbehandlung mit dem Ziel der Salzurückgewinnung

Vorgehensweise

Kern von HighCon bilden die Bestandsaufnahme bestehender Technologien und die Adaption von Prozessen zur Konzentratbehandlung. Hierzu werden zunächst umfangreiche Laborversuche mit realen Abwässern durchgeführt und auf den Technikumsmaßstab übertragen. Anschließend erfolgt im

Rahmen von Referenzprojekten die Demonstration an drei Industriestandorten. Die Marktanalyse in Verbindung mit der Nachhaltigkeitsanalyse sichern eine optimale wirtschaftliche Umsetzung, die in die Vorbereitung eines Spin-Off-Unternehmens münden soll.

Zielsetzungen

1. Entwicklung innovativer, mehrstufiger und selektiver Prozesse zur Abwasserwiederverwendung und Konzentratbehandlung
2. Reduzierung des Energiebedarfs z.B. durch Weiterentwicklung und Optimierung von Eindampfverfahren
3. Ganzheitliche Optimierung der Wasserwiederverwendung mittels Simulation

Koordination: Technische Universität Berlin, Fachgebiet Umweltverfahrenstechnik
 Prof. Dr.-Ing. Sven-Uwe Geißen (Tel.: 030/314-22905, E-Mail: sven.geissen@tu-berlin.de)

Projektlaufzeit: September 2016 – August 2019

Homepage: <http://www.highcon.de>

Forschungspartner	Industriepartner	Demonstrationsstandorte	Fördermittelgeber
			<p>GEFÖRDERT VOM</p> <p>Bundesministerium für Bildung und Forschung</p> <p>BETREUT VOM</p> <p>PTKA Projektträger Karlsruhe Karlsruher Institut für Technologie</p>

Referenzen:

[1] Technavio (2015): Global water recycle and reuse market 2015-2019

Grundlagen der Membrandestillation

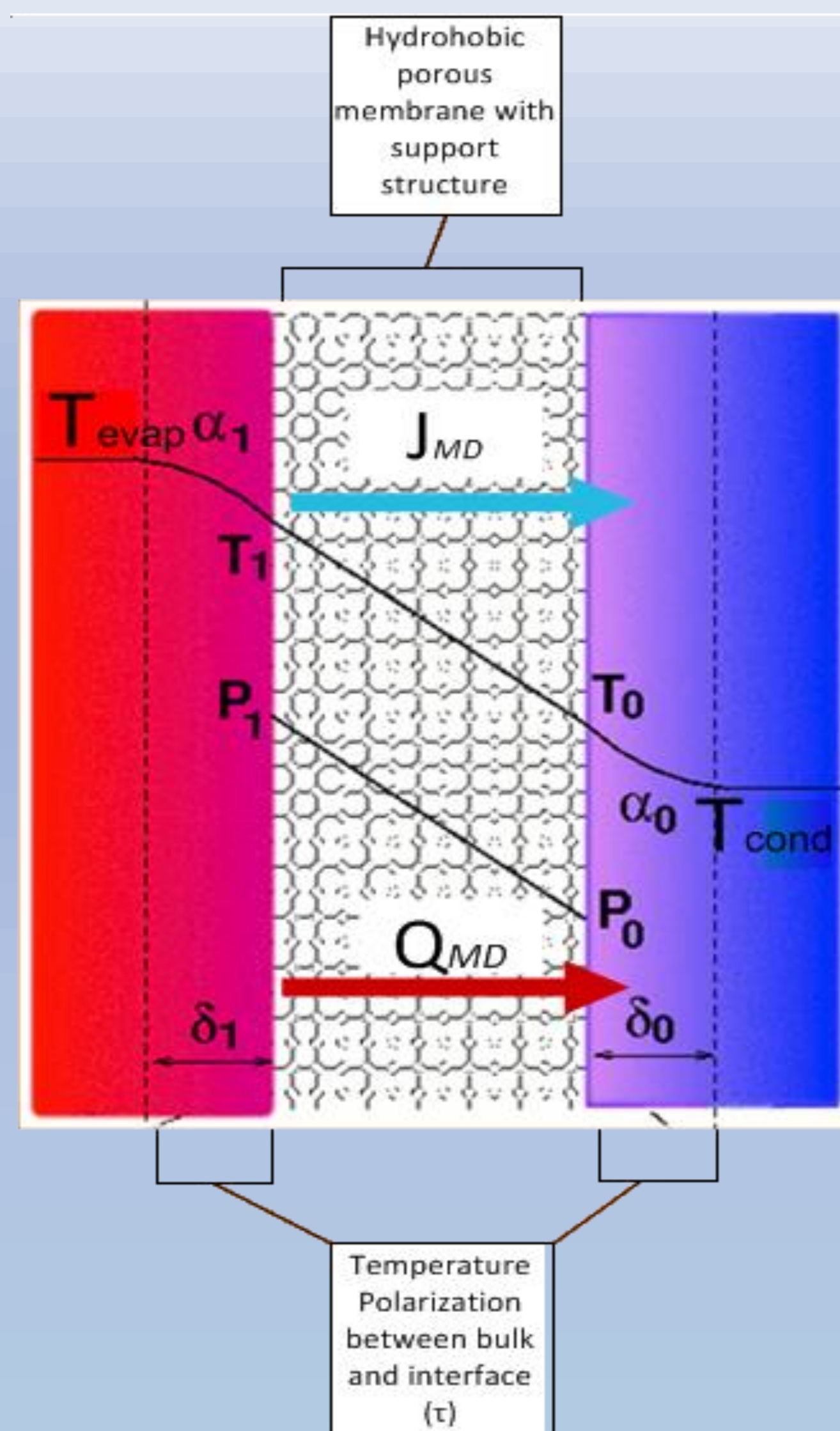
Der Stoff- und Wärmetransport in der Membrandestillation (MD) ist definiert als:

$$J_{MD} = C \frac{dp}{dT} (T_1 - T_0)$$

$$Q_M = \left(C \frac{dp}{dT} \Delta H_v + \frac{\lambda_M}{\delta_M} \right) (T_1 - T_0)$$

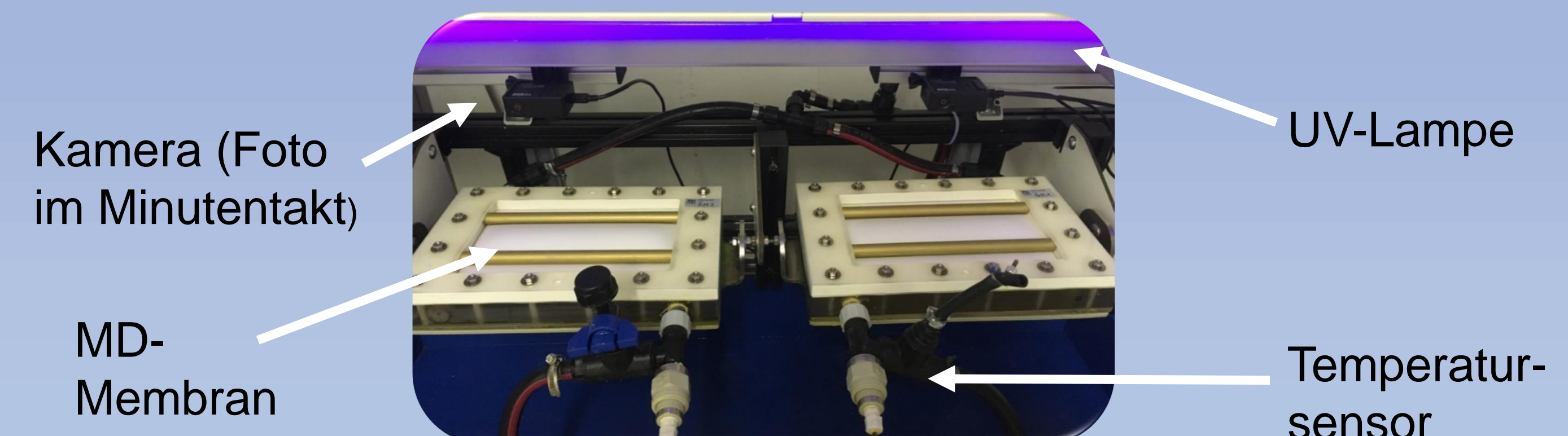
Der Stofftransportkoeffizient C repräsentiert eine Superposition von Molekularer- und Knudsen-Diffusion sowie viskoser Strömung; dp ist die Änderung des Dampfdrucks über der Temperatur dT und T_1 und T_0 sind die Temperaturen an der Membrangrenzfläche.

ΔH_v bezeichnet die Latentwärme, λ_M ist die Wärmeleitfähigkeit des Materials und δ_M bezeichnet die Dicke der Membran.



Untersuchung des Benetzungsverhaltens von MD-Membranen

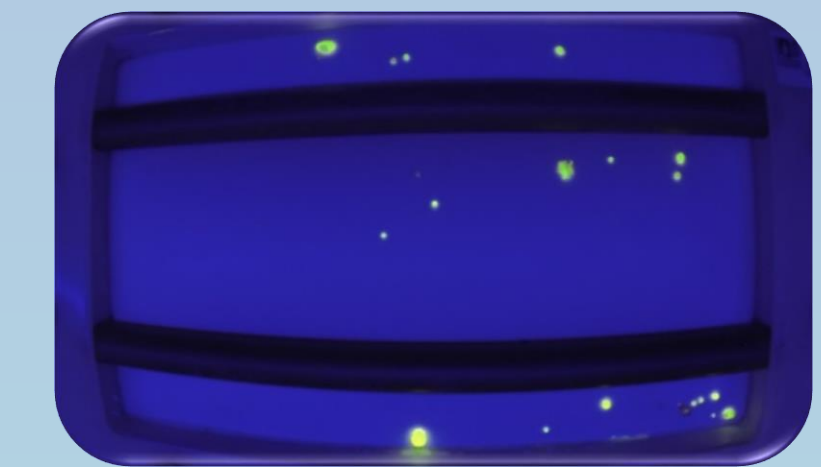
Mit dem neu entwickelten Testaufbau ist es möglich die Polymermembran während des Destillationsprozesses zu beobachten und optisch zu analysieren. Da das Speisewasser mit dem Färbemittel Uranin angereichert ist, welches unter ultraviolettem Licht fluoresziert können etwaige Flüssigkeitsdurchtritte und das Destillat von einander unterschieden werden.



Durch die Variation der Betriebsparameterkombination und dem Einsatz von Polymermembranen unterschiedlicher Hersteller wird der Einfluss auf die Porenbetzung untersucht und geeignete Materialien ausgewählt.



Versuchsergebnis ohne Porenbetzung



Versuchsergebnis mit Porenbetzung

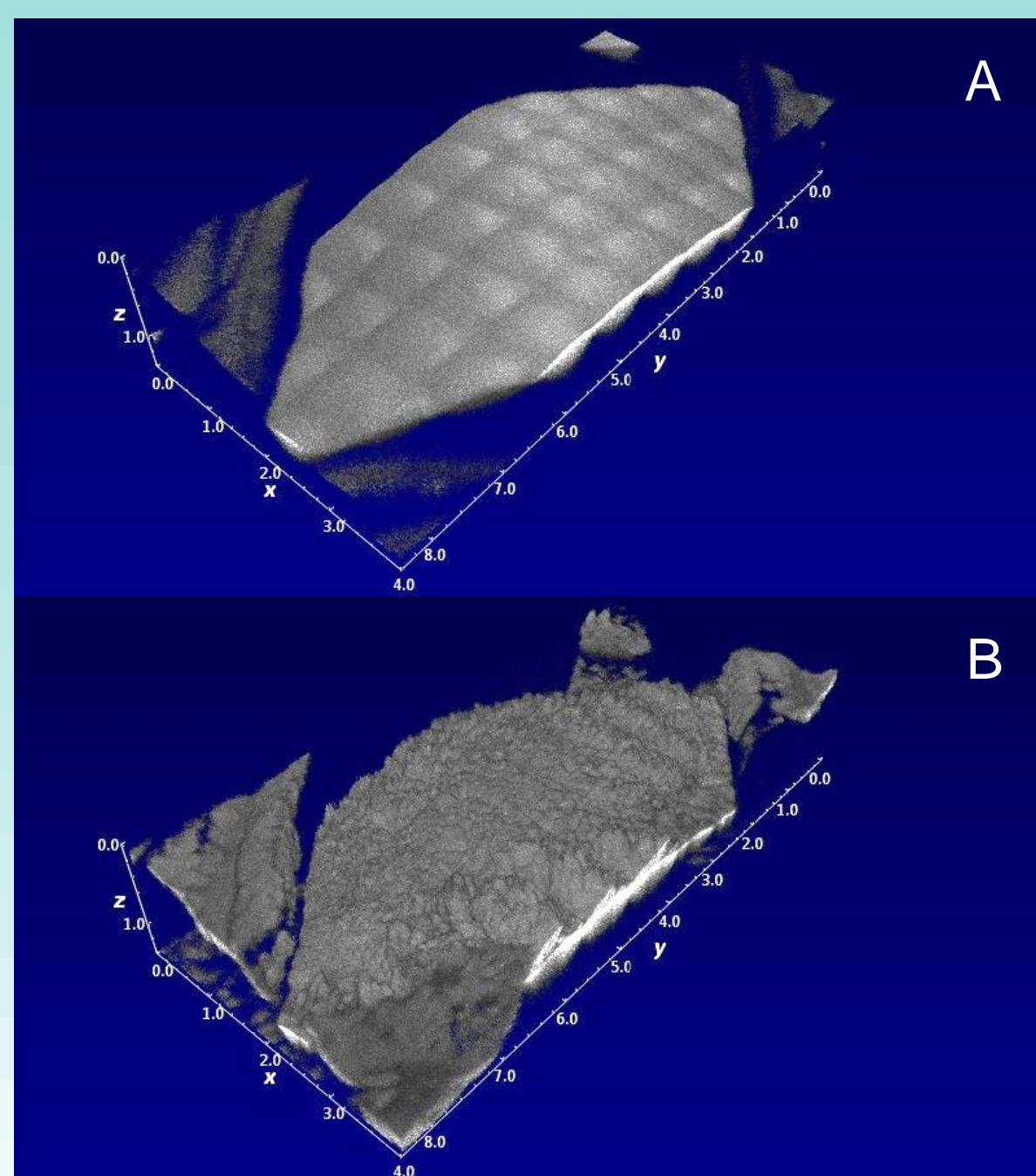
Für eine erfolgreiche Anpassung der MD-Technologie an die Anforderungen hochkonzentrierter salzhaltiger Abwässer sind unterschiedliche Untersuchungen notwendig. Innerhalb des Projektes HighCon werden bei drei Projektpartnern Experimente mit den folgenden **Zielen** verfolgt:

1. Untersuchung des Benetzungsverhaltens von MD-Membranen (SolarSpring GmbH)
2. Untersuchungen zum Scaling und Fouling in der MD mit realen Speisewasser (DVGW-EBI)
3. Thermodynamische Untersuchungen mit salzhaltigen Abwässern (Fraunhofer ISE)

Online in-situ Quantifizierung von Scaling mittels OCT

Fouling verstärkt bei der MD die Temperaturpolarisation und verringert damit die Triebkraft. Zudem wird die zu Verfügung stehende Membranfläche verringert. Die optische Kohärenztomographie (OCT) ermöglicht es, die gebildete Deckschicht mittels 3D Aufnahmen in-situ zu visualisieren und mittels angepasster Bildverarbeitung zu quantifizieren.

Dazu wurde eine Direct Contact Membrane Distillation (DCMD) Testzelle mit einem Rahmen ausgestattet, der eine präzise Positionierung des OCT Scankopfes an verschiedenen Positionen ermöglicht. Die Aufnahme der sich bildenden Foulingschicht wurde im 4-h Rhythmus realisiert und zeigt erfolgsversprechende Ergebnisse.



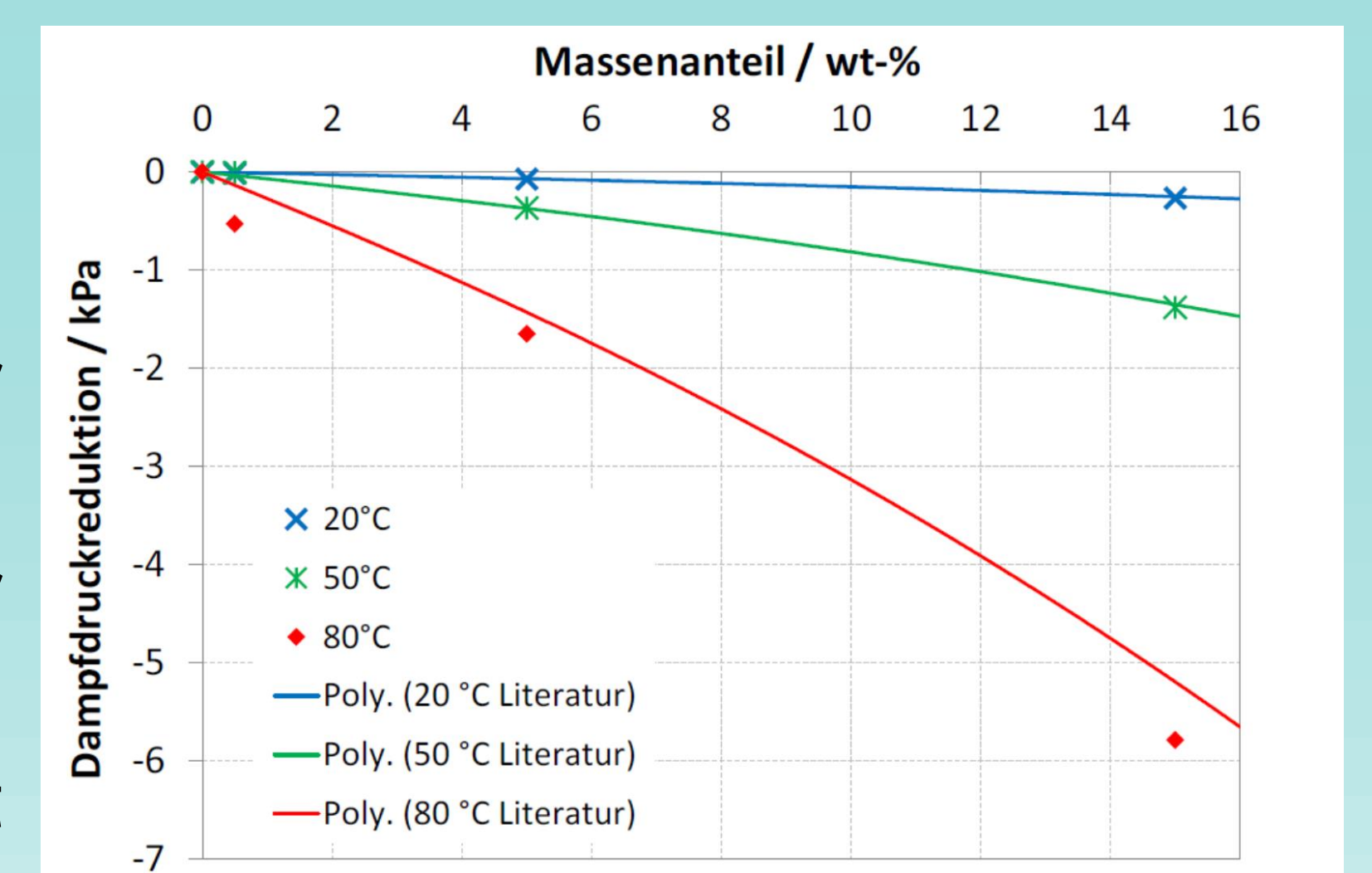
3D-OCT Aufnahme der sauberen (A) und der gefoulten Membran (B).

Bestimmung der Eigenschaften Sättigungsgrenze und Dampfdruck unbekannter Salzlösungen

Hohe Salzkonzentrationen im Feed reduzieren den Dampfdruck über der Lösung, sodass aufgrund dieses thermodynamischen Effekts eine deutliche Verminderung der Triebkraft zu beobachten ist.

Zur Bestimmung des Dampfdrucks verschiedener Salzlösungen wurde ein VPXpert-L der Firma Grabner Instruments genutzt. Mit dem die Dampfdruckreduktion in Ab-

hängigkeit des Salzanteils gemessen werden konnte. In einem weiteren Versuchsaufbau wird die Sättigungsgrenze unbekannter Salzlösungen anhand der Leitfähigkeit bestimmt.



Dampfdruckreduktion über Massenanteil NaCl