



# Re-Salt

## Recycling von industriellen salzhaltigen Prozesswässern

Dr. Yuliya Schießer

WavE Statusseminar, 17-18.04.2018



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

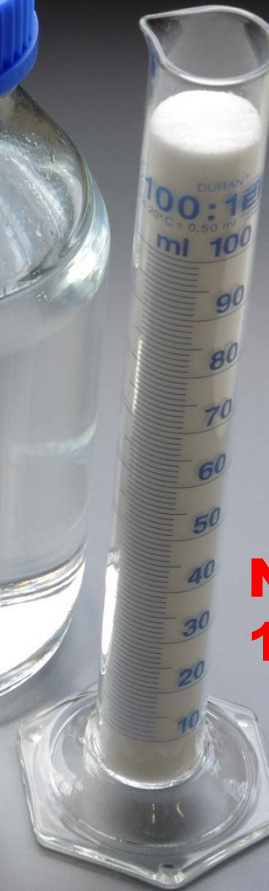
NaWaM



WavE

**Trinkwasser**

**Prozesswasser**

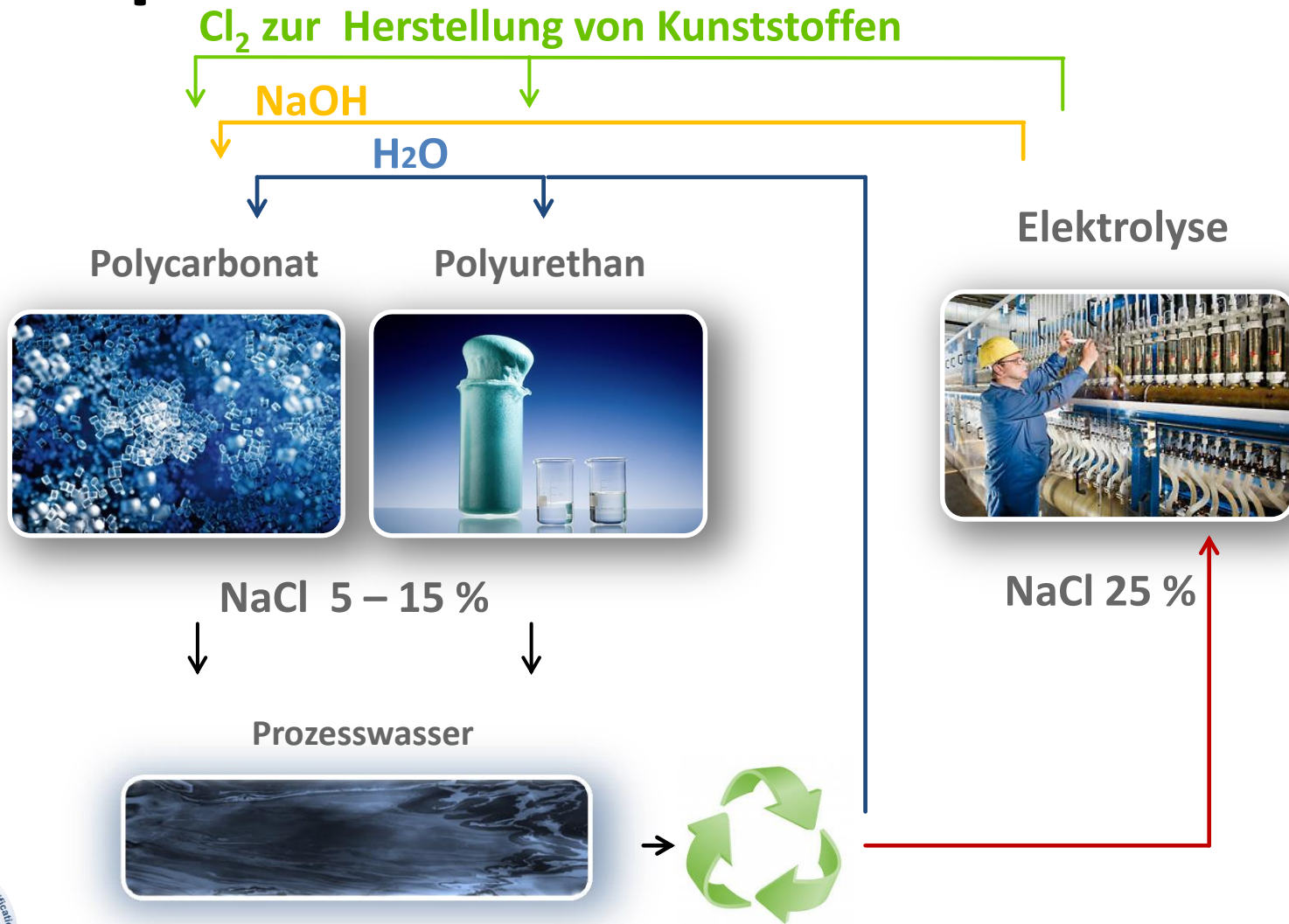


**NaCl:  
150 g/L**

**Salze:  $\approx$  1 g/L**



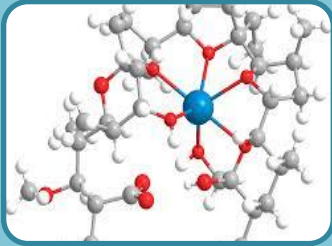
# Konzept Re-Salt



# Hürden auf dem Weg zur Kreislaufführung



Spurenstoffanalytik in hochkonzentrierten Salzlösungen



Organische Verunreinigungen in den salzhaltigen Prozesswässern



Die für die Elektrolyse geringe NaCl-Konzentration in den Prozesswässern



# Re-Salt

## Recycling von industriellen salzhaltigen Prozesswässern

- Spurenstoffanalytik / Online-Sensor
- Chemische Modifikation der Aktivkohle
- Elektrochemische Modifikation der Aktivkohle
- Vor-Konzentrierung mittels Hochdruckumkehrosiose
- Nach-Konzentrierung mittels Membrandestillation



Technology  
Arts Sciences  
TH Köln

UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN



**Ökonomisch und ökologisch sinnvolles Recycling-Verfahren**



# Arbeitspakete



# Probenvorbereitung

Extraktion der Analyte und/oder Abtrennung der Salzmatrix



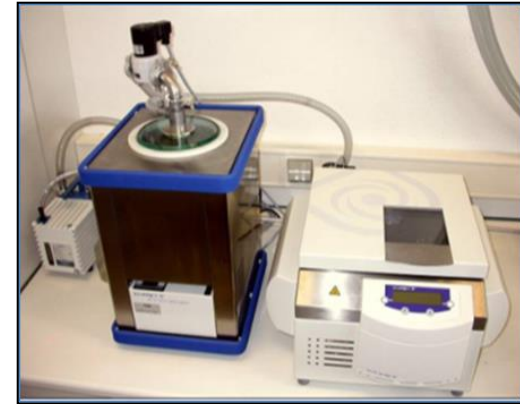
Verdünnung  
auf 1 g/L NaCl



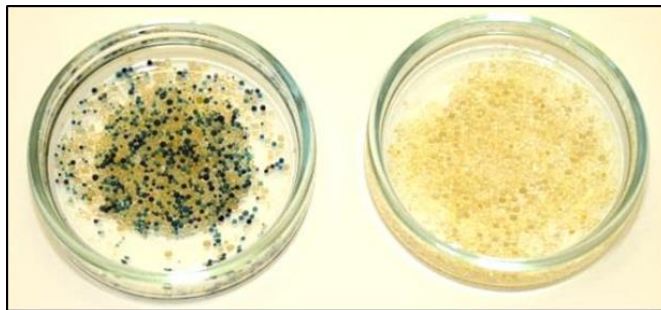
Flüssig-Flüssig-  
Extraktion (LLE)



Festphasen-  
Extraktion (SPE)



Vakuum-Konzentration mit  
anschließender LöMi-Extraktion

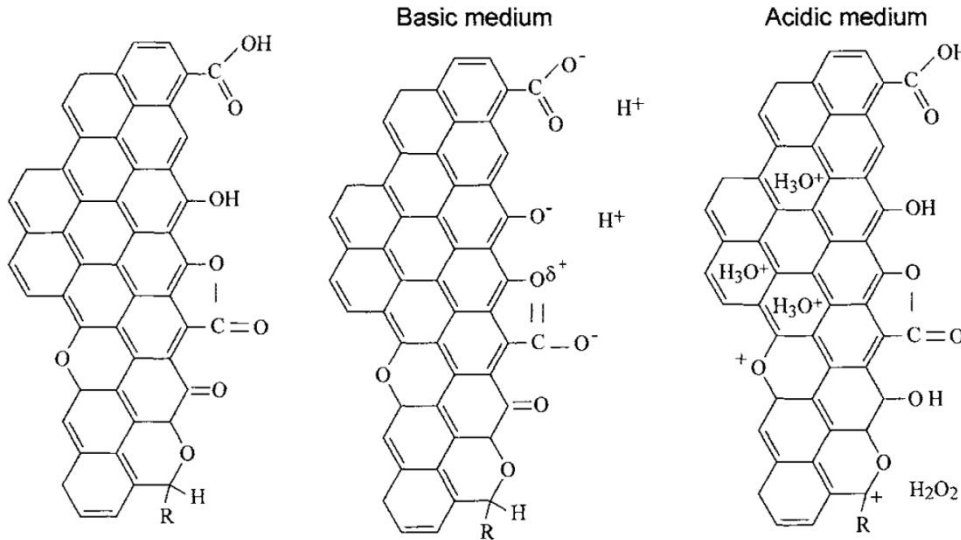


Vollentsalzung per  
Mischbett-Ionentauscher

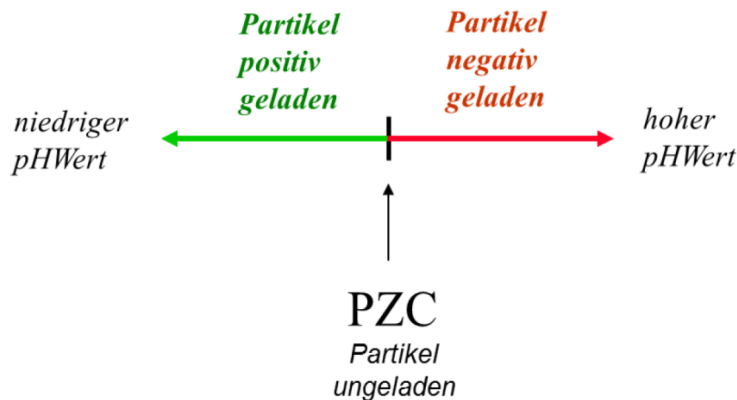
Problem:

- Viel Austauscher-Harz erforderlich.
- Adsorption der Organik an große Oberfläche

# Modifizierung der Aktivkohle



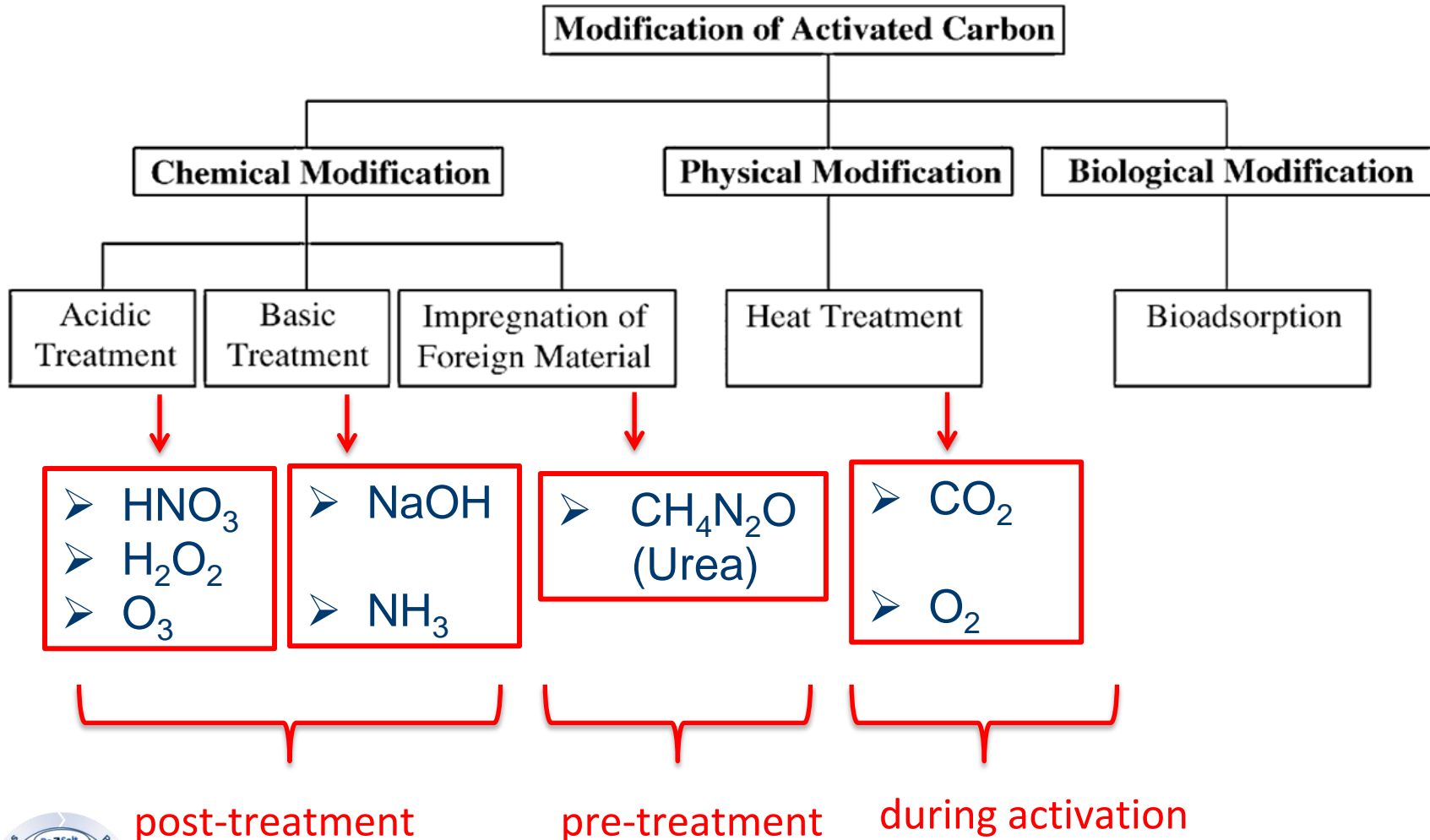
- ❖ AK-Oberfläche amphoter
- ❖ Selektivität und Adsorptionskapazität abhängig von pH + Ionenstärke
- ❖ Verbesserung der Adsorptionskapazität gegenüber polaren Substanzen
- ❖ Erhöhung der Polarität durch chemische Modifikation der funktionellen Oberflächengruppen (FOG)



Quelle: T.J. Bandoz et al. „Activated Carbon Surfaces in Environmental Remediation“

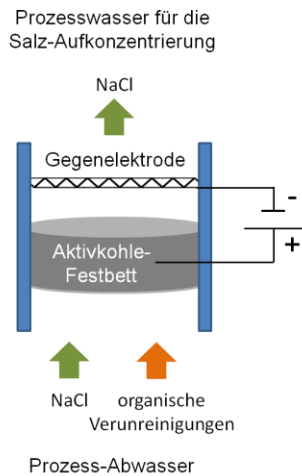


# Modifizierung der Aktivkohle

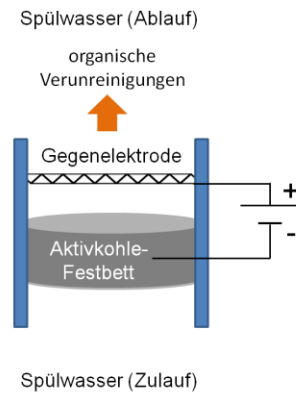


# Elektrosorption

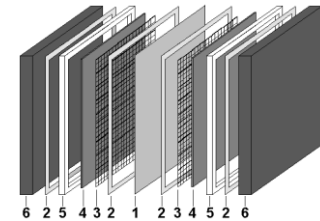
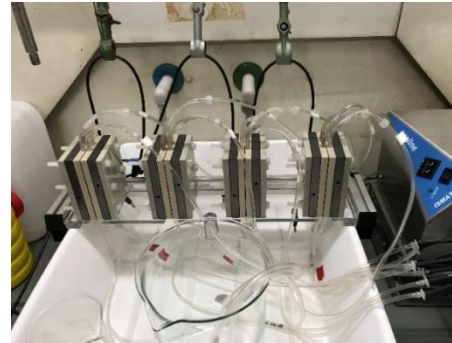
## Entfernung organischer Verunreinigungen



## Regenerierung der Aktivkohle



- ❖ Beschleunigten Adsorption von Organik
- ❖ Verstärkung der Adsorptionswirkung
- ❖ Kleinere elektrochemische Adsorber
- ❖ Regeneration durch Umpolung



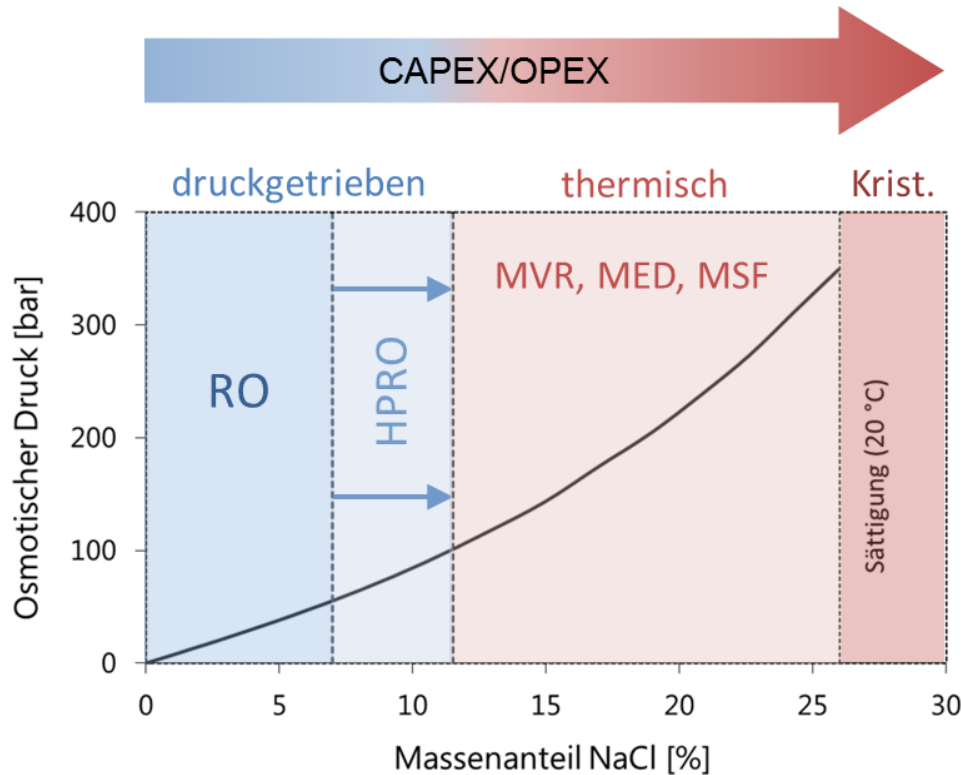
Kontaktierung der AK-Schüttung?  
Veränderung der Oberfläche durch Polarisation?

## Elektrosorption:

Adsorption/Desorption von Molekülen/Ionen an der Oberfläche einer Elektrode aufgrund des Elektrodenpotentials.



# Aufkonzentrierung mittels Hochdruckumkehrosmose



Der erzielbare Aufkonzentrationsfaktor bestimmt die Größe und Kosten der anschließenden thermischen Aufkonzentrierungsstufe.



Erweiterung der Anwendung der RO in Richtung hoher Betriebsdrücke und Feedkonzentrationen durch geeignete Hochdruckumkehrosmose (HPRO)-Elemente.



Änderung der konstruktiven Anforderungen aufgrund erhöhter mechanischer Belastung bei hohen Betriebsdrücken.

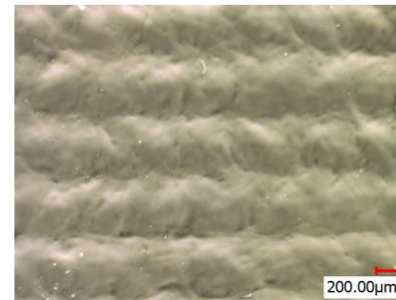
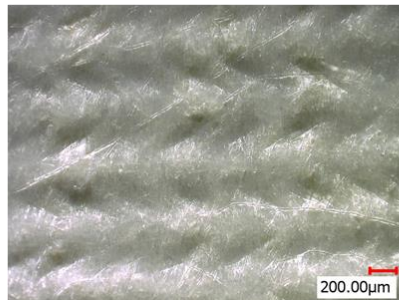
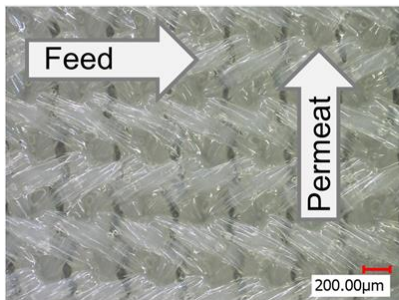
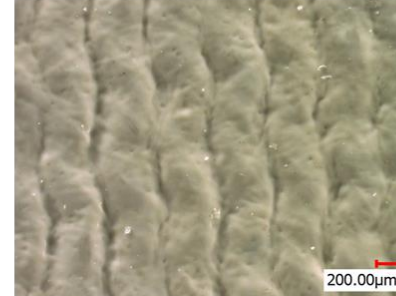
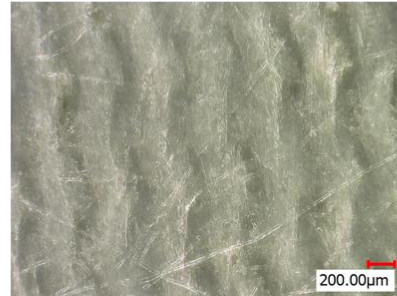
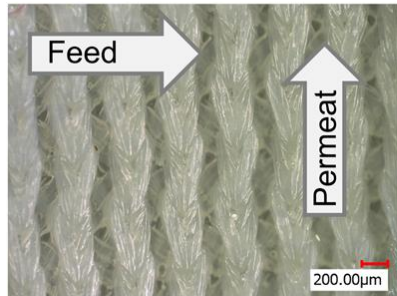


# Hochdruckumkehrosmose

**Spacer:** jew. Seite mit Membrankontakt

**Membran:** Abdruck poröse Stützschiicht

**Membran:** Abdruck aktive Schicht



## Leistungslimitierende Aspekte:

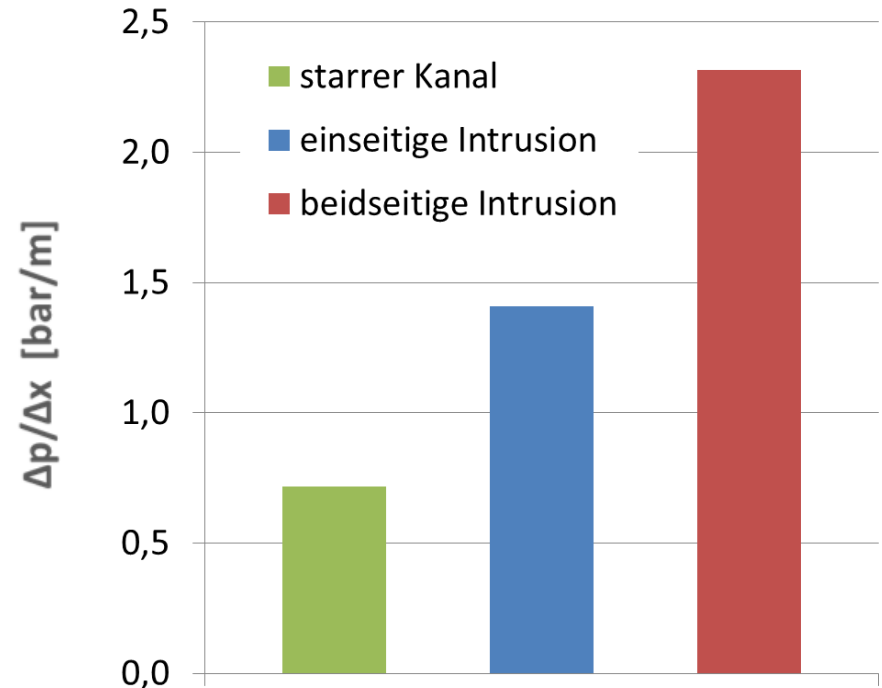
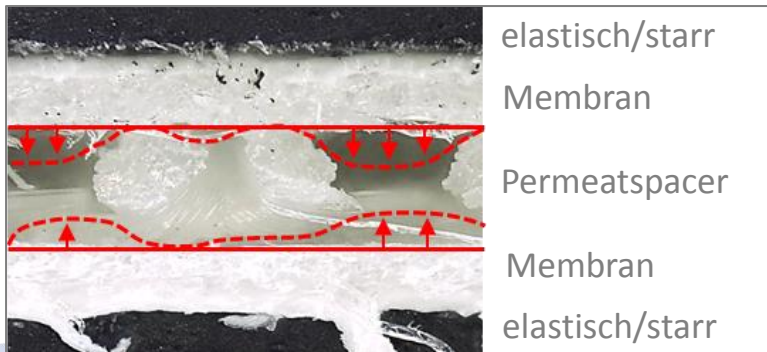
- **Kompaktierung** der Membranmaterialschichten
- **Intrusion** des Membranmaterials in den Permeatpacer
- **Deformation** Permeatkanal und anderer Komponenten

- Messung im **starrten Kanal ungeeignet** zur Simulation der realen Verhältnisse im SWE
- **Intrusionseffekte** sind relevant und werden ohne **beidseitigen Gegendruck** nicht abgebildet.

# Permeatseitiger Druckverlust: Einfluss der Intrusion

Der **treibende Druck** wird im Falle der HPRO durch den Druckverlust im Permeatkanal **reduziert** und ist als **leistungs-limitierender Parameter** nicht vernachlässigbar.

## Intrusionseffekte:



## Brackwasser-RO-Spacer:

mittlerer Permeatfluss: **22 L/m<sup>2</sup>/h**

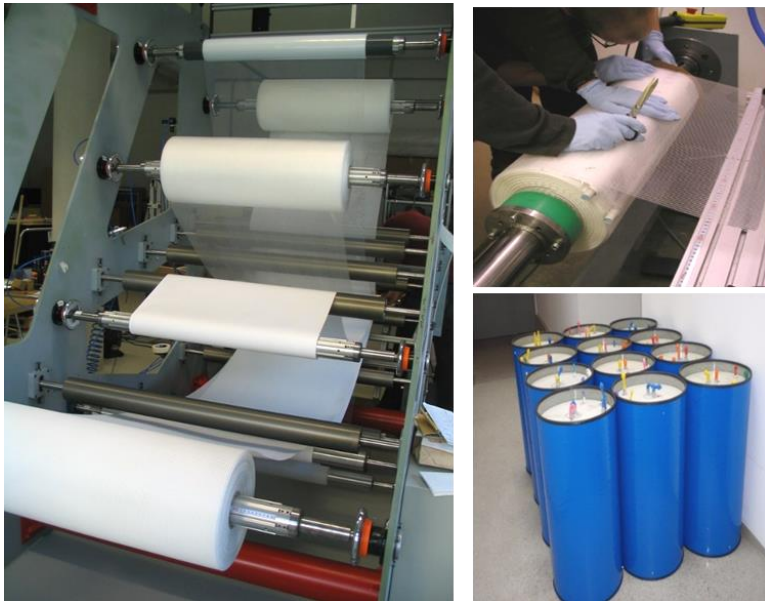
Temperatur: **25°C**

Feedruck: **20 bar (mit Intrusion)**



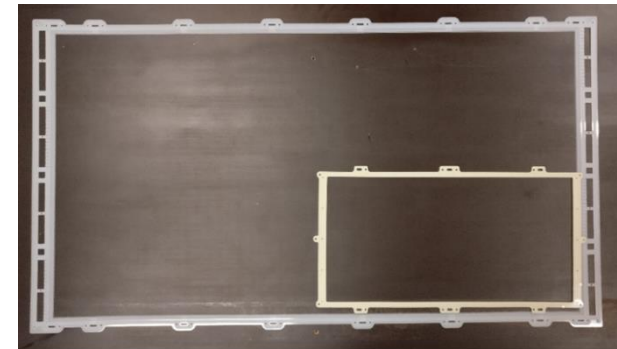
# Membrandestillation

## Altes Konzept Spiralwickelmodule



- Unflexibel
- Eingeschränkte Wartungs- und Reinigungsmöglichkeiten

## Neues Konzept Plattenmodul

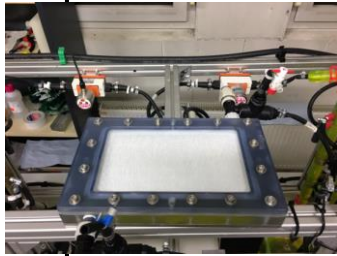


- Flexible Kanalgestaltung
- Gute Wartungs- und Reinigungsmöglichkeiten

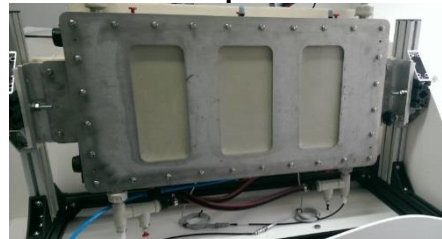


# Membrandestillation

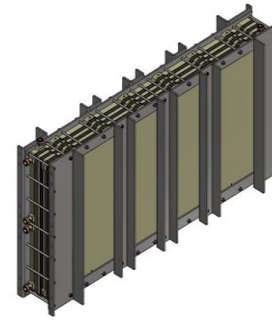
Start



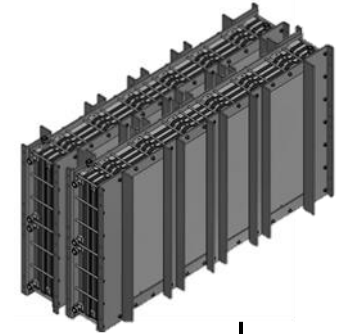
Labormodell



Prototyp I



Prototyp II



Juli 2017

Versuche zu Wechselwirkung von hoch konzentrierten Salzlösungen und hydrophoben Membranmaterialien

September 2019

Laborprototyp mit flexibler Kanalgestaltung und automatischer Spülvorrichtung

Prototyp I mit 10m<sup>2</sup> Membranfläche

Prototyp II mit 50m<sup>2</sup> Membranfläche



# Fachseminar

## Recycling von salzhaltigen Prozesswässern



Mittwoch, 21.03.18, 8.45h – 18.30h

NETZ – NanoEnergieTechnikZentrum  
Seminarraum 2.42, Universität Duisburg-Essen  
Carl-Benz-Str. 199, 47057 Duisburg  
Webseite: <https://www.uni-due.de/cenide/netz/kontakt.php>

75 Teilnehmer davon mehr als  
50% aus Industrie





# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

*Koordination:  
Dr. Yuliya Schießler  
Covestro Deutschland AG*

*Kaiser-Wilhelm-Allee 60  
51373 Leverkusen,  
Tel.: +49 214 6009 5461  
E-Mail: [yuliya.schiesser@covestro.com](mailto:yuliya.schiesser@covestro.com)*



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

