

PAkmem:

Aufbereitung problematischer **P**rozess- und **A**bwässer
mit **k**eramischen Nanofiltrations**m**embranen

Matan Beery

17.04.2018



Wave

- WavE = Zukunftsfähige Technologien und Konzepte zur Erhöhung der Wasserverfügbarkeit durch Wasserwiederverwendung und Entsalzung
- Drei Themengebiete:
 - Wiederverwendung von kommunalem Abwasser
 - Aufbereitung von salzigem Grund- und Oberflächenwasser
 - Kreislaufführung von Industrierwässern
- Hauptziel der Initiative: Wirtschaftliche nützliche Ergebnisse inkl. Anwendungspotenziale, Marktaussicht, Wirtschaftlichkeit und gesellschaftliche Bedeutung
- PAkmem Laufzeit: 01.10.2016 – 30.09.2019
- Förderkennzeichen: 02WAV14 07A-H
- Volumen: Ca. 2,4 Mio
- 8 Projektpartner (+1)

WavE

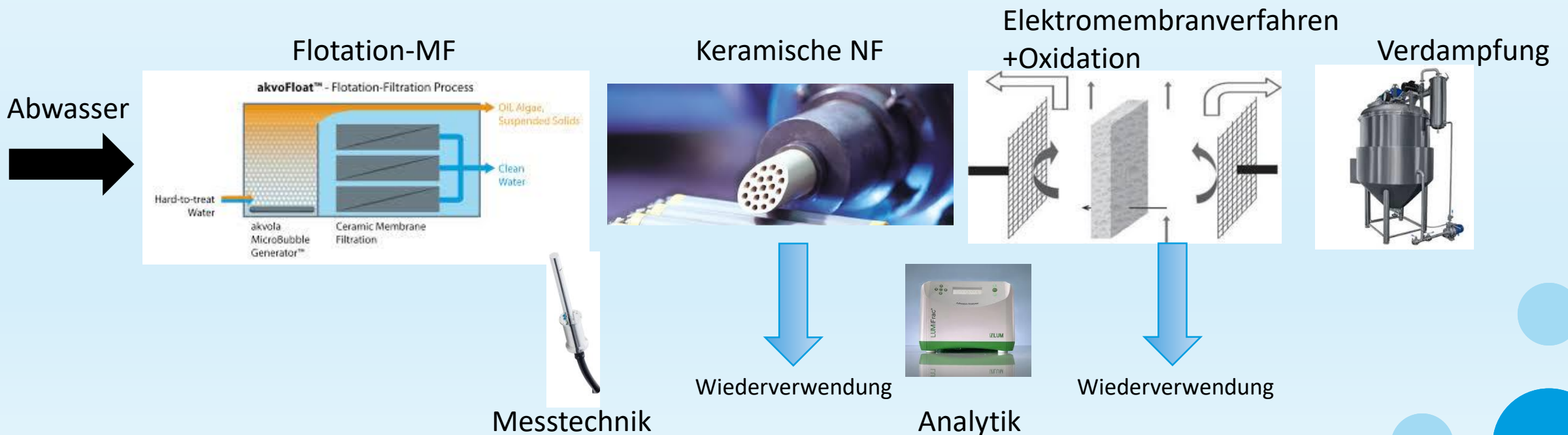
Die Partner

	Nr.	Name	Kurz	Ort	Ansprechpartner
	1	akvOLA Technologies GmbH	AKV	Berlin	Beery
	2	Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme	IKTS	Hermsdorf	Weyd
	3	DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH	DBI	Leipzig	Schreck
	4	SOPAT GmbH	SPT	Berlin	Emmerich
	5	Andreas Junghans - Anlagenbau und Edelstahlbearbeitung GmbH & Co. KG	JH	Frankenberg	Sachse
	6	Rauschert Kloster Veilsdorf GmbH	RKV	Veilsdorf	Prehn
	7	LUM GmbH	LUM	Berlin	Lerche
	8	DURAVIT Sanitärporzellan Meißen GmbH	DV	Meißen	Schindler
 <small>■ BASF Gruppe</small>		Wintershall	WH	Barnstorf	Knaeblein, Rieger

(assoziierter Partner)

PAkmem: Gesamtziel

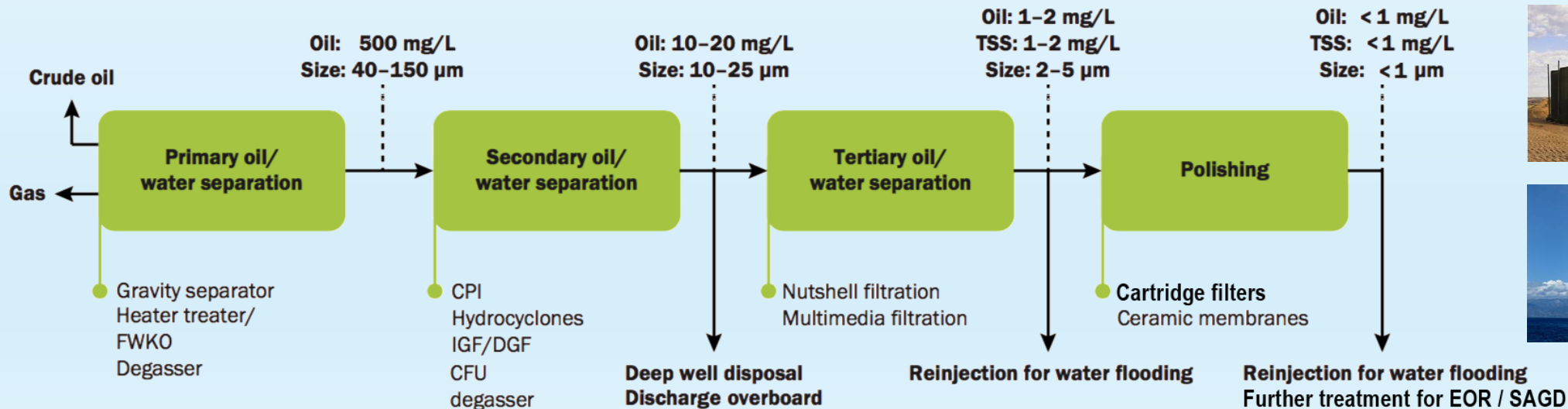
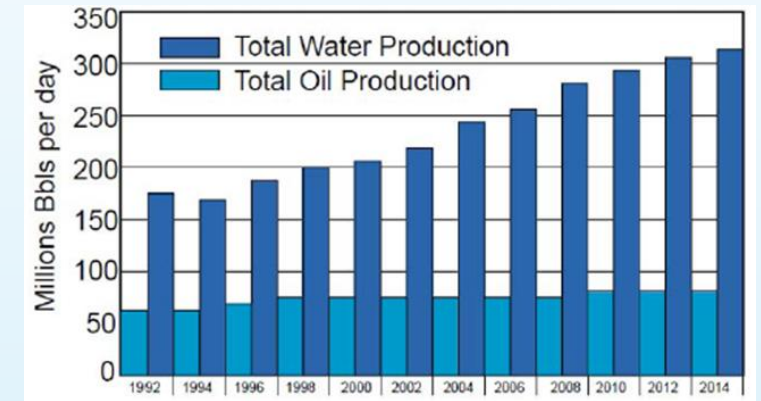
- „Entwicklung und Erprobung von **integrierten Verfahren** zur Wasseraufbereitung für eine effiziente Wasserwiederverwendung und Wasserkreislaufführung mit beispielgebendem Charakter für die O&G- bzw. Keramikindustrie sowie hohem Übertragbarkeitspotenzial für weitere Industriezweige.“



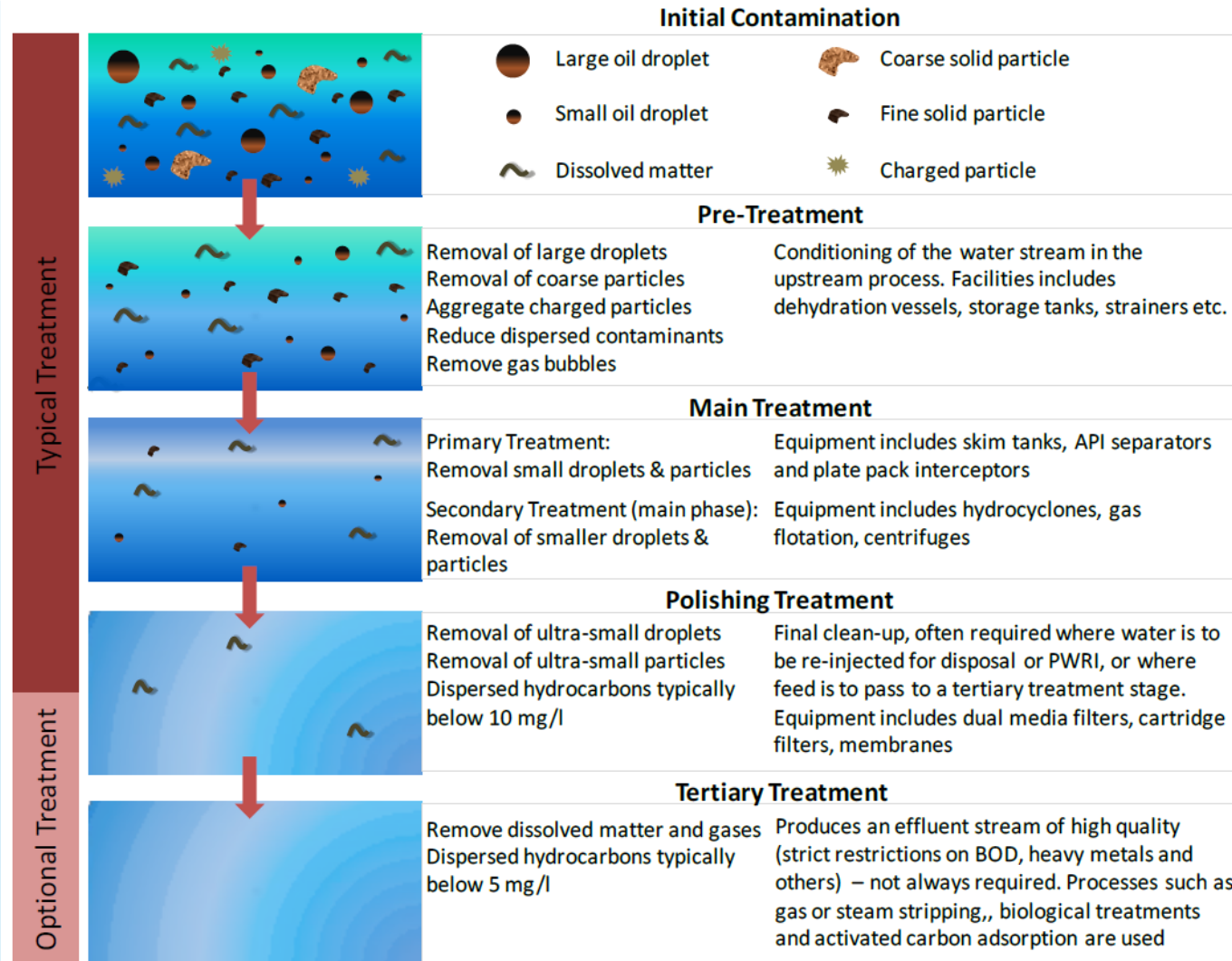
1. Produced Water

Herausforderungen der O&G-Industrie

- Steigende Wassermenge (Water Cut)
 - Strengere Umweltauflagen bzgl. Entsorgung
 - Geringer Ölpreis → Alte Ölfelder nicht mehr profitabel
- Höhere Ausbeute ist durch PWT und EOR erwünscht



Warum Nanofiltration für die Lagerstättenwasseraufbereitung?



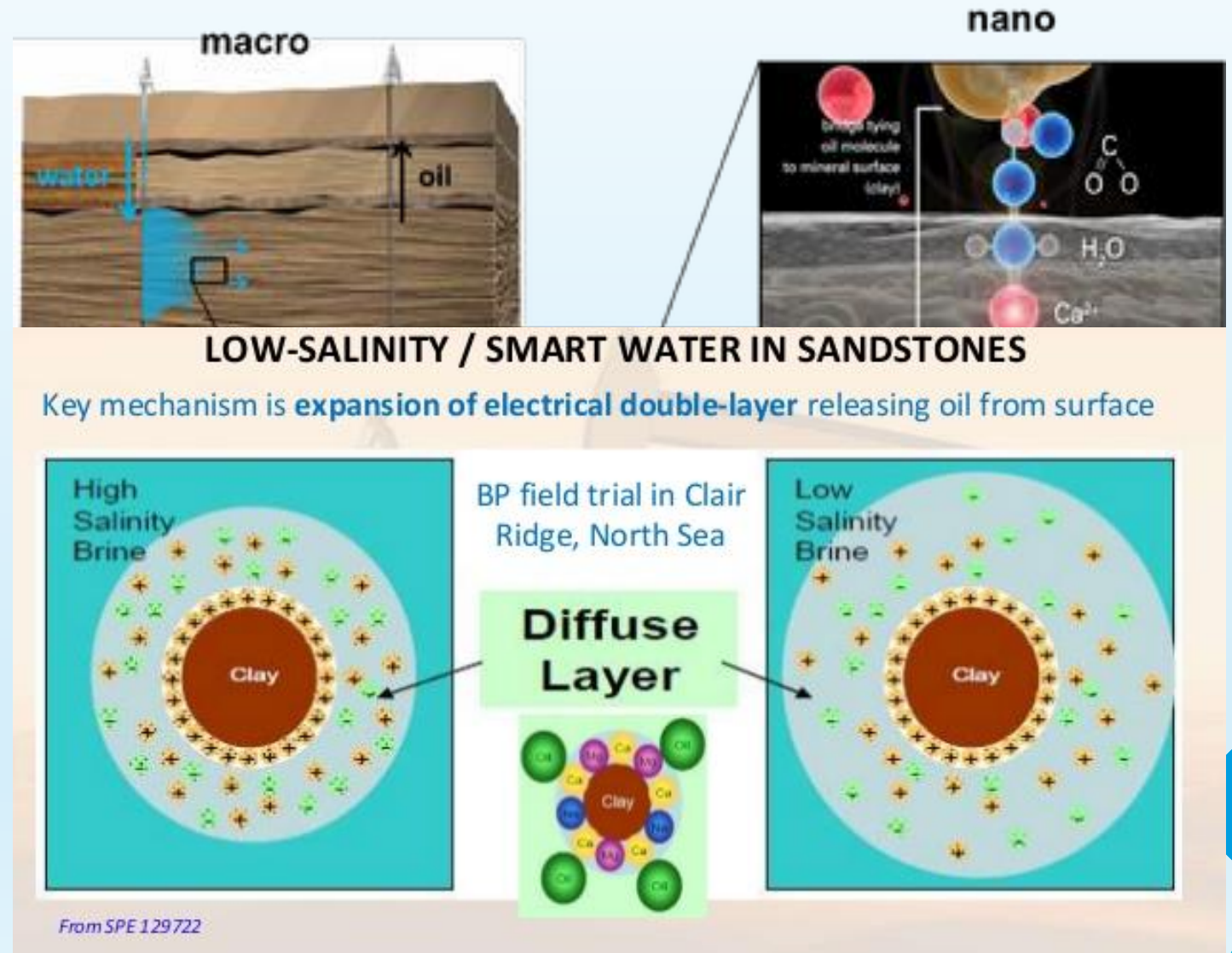
- Behandlung mit NF kann “avoid blocking of the porous oil formation upon injection and inhibit the detected corrosion and biomass accumulation on the internal wall of the injection piping”

(Quelle: Khedr 2015, *Nanofiltration of oil field-produced water for reinjection and optimum protection of oil formation*, Desalination and Water Treatment)

Enhanced Oil Recovery mit (Teil)entsalzung

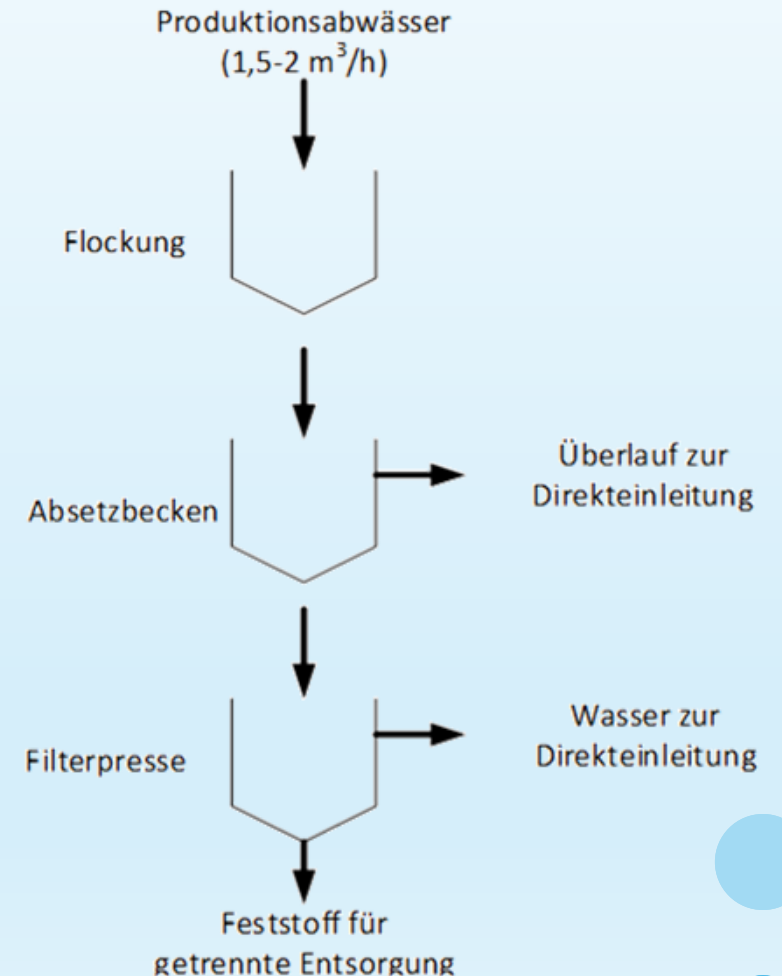
Quelle: Rigzone 2015

- Ölmoleküle binden sich an Gesteinpartikel mittels Brücken von divalenten Ionen
- Die Brücken werden durch das Salzwasser kompaktiert und erschweren die Mobilität der Ölmoleküle
- Reduzierung der Salinität entspannt die Brücken und ermöglicht den Ersatz der divalenten Ionen durch monovalenten Ionen

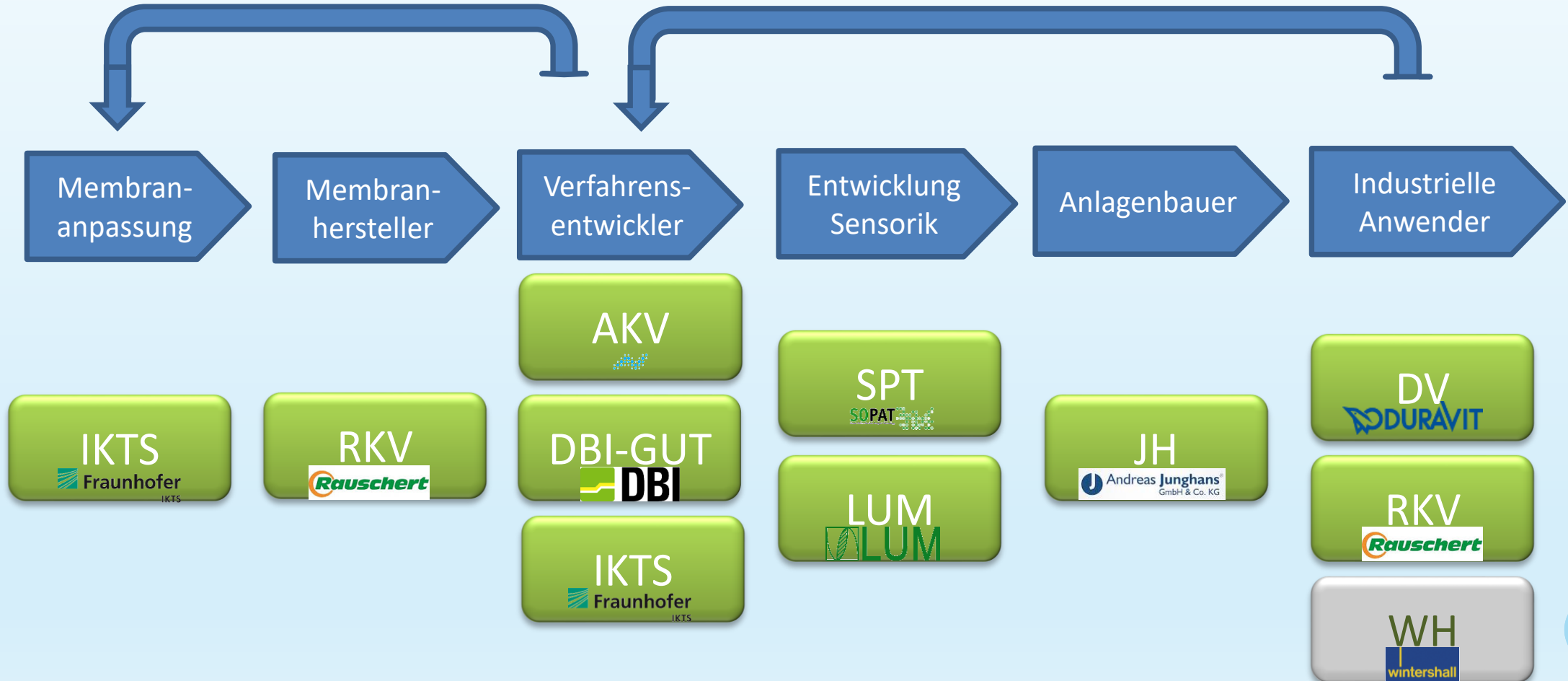


2. Wasser aus der Keramikindustrie

- Das Abwasser aus der keramischen Produktion enthält einerseits feste anorganische Partikel der verarbeiteten keramischen Rohstoffe wie beispielsweise Al_2O_3 , SiO_2 oder TiO_2 sowie die organischen Inhaltsstoffe welche bei der Verarbeitung der keramischen Massen eingesetzt werden. Des Weiteren werden fluoreszierende organische Verbindungen im Rahmen der Qualitätssicherung zur Prüfung von Bauteilen eingesetzt.
- Problem: Steigende Wassermenge, Salz- und Organikfracht



Pakmem Arbeitsschema





1. Produced Water

Ziel: Partikel- Öl- und Salzentfernung für die Wiederverpressung (EOR)

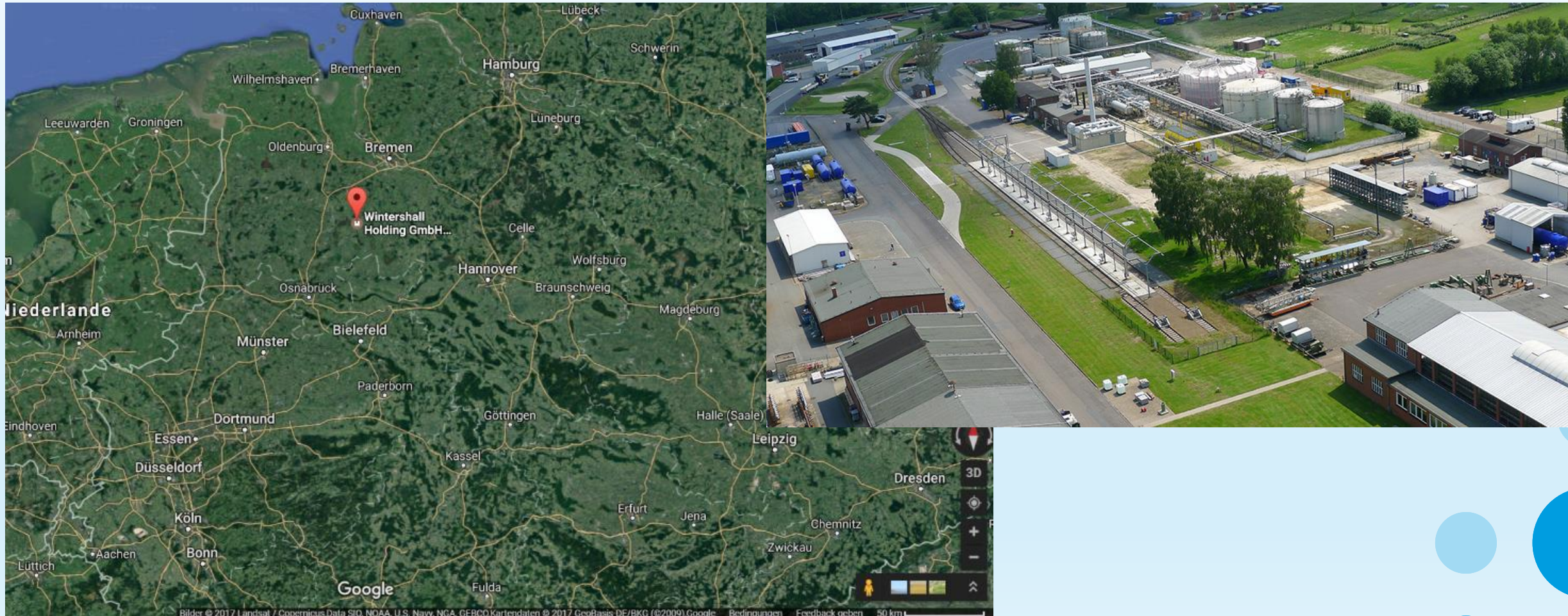
IKTS: Membranentwicklung/Synthese

- Membranleistungen unabhängig von Membrangeometrie → 1,25 m² Nanofiltrationselemente mit Cut-off 450 Da
- Rückhalt divalente Ionen bis über 90 %, monovalente bis 80 %
- Aufklärung von Temperatur-, Gemisch- und Konzentrationseinflüssen
- Trennversuche mit realen Wässern der Keramik- und Öl/Gasindustrie
- Membranlieferungen an Projektpartner → Pilotanlage zum Betrieb bei Wintershall



Wasserentnahme Wintershall Barnstorf

Januar 2018



Technikumsversuche mit akvoFloat (Flux = 100l/m²/h)

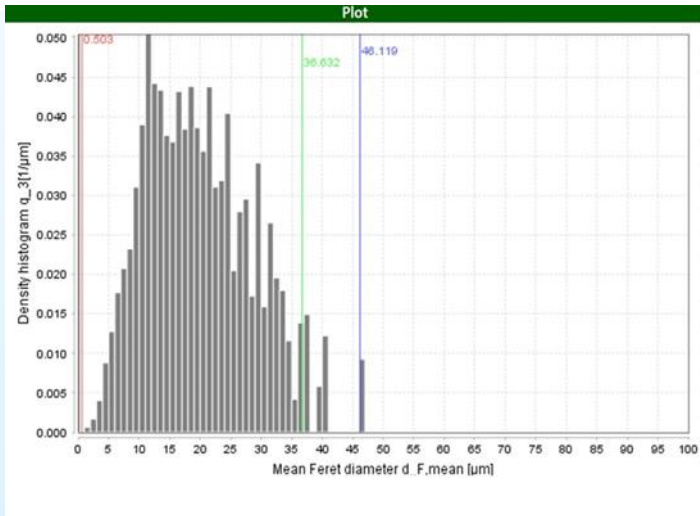
- Pickup 220L. -> MF-Filtrationsversuche-> IKTS



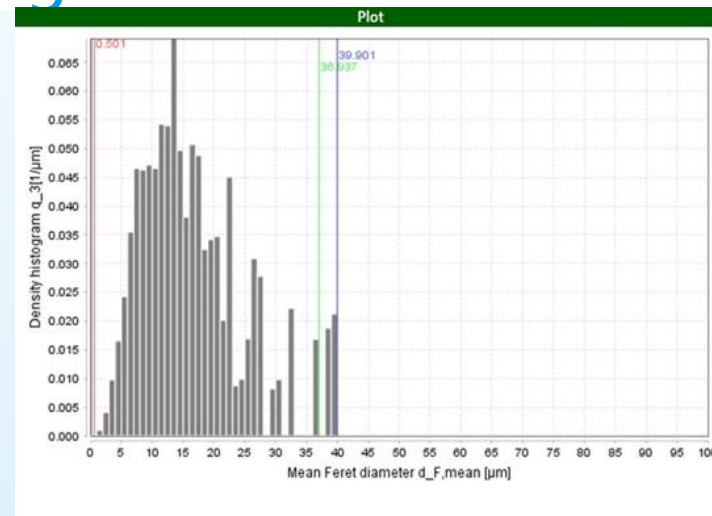
Flockung nicht erfolgreich!

	July 2017			January 2018		
	Feed water	Permeate	Reduction (%)	Feed water	Permeate	Reduction (%)
Oil (mg/L)	20	< 1	> 95	0,53	0,17	68
COD (mg/L)	14.560	9.560	35			
TSS (mg/L)				204	153,2	25
TOC (mg/L)				42.6	40	6

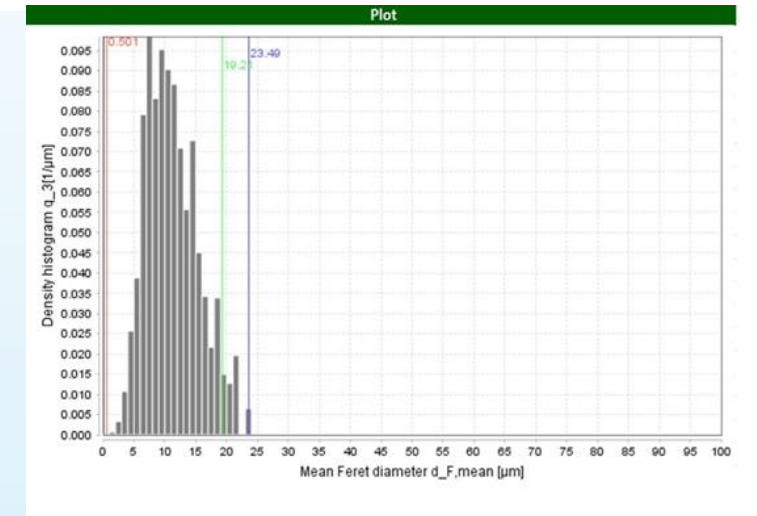
akvoFloat™ reduziert die Partikelanzahl um die Hälfte NF reduziert die Partikelgröße um ca. 60%.



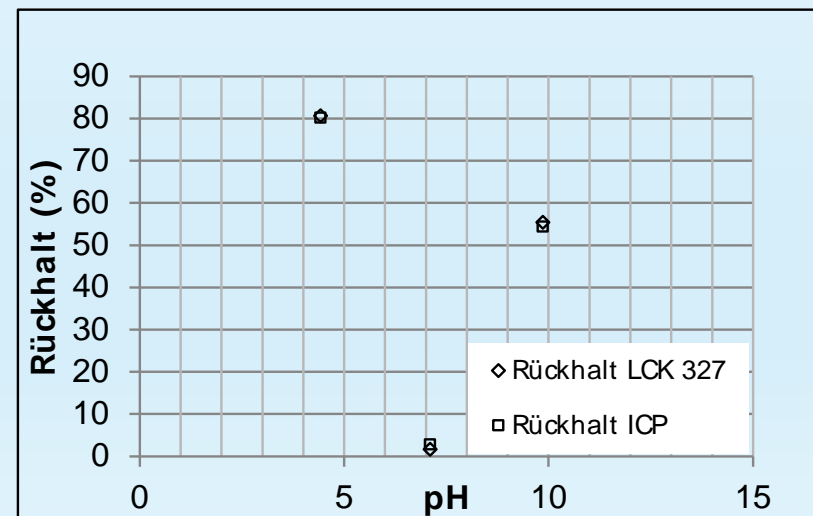
Rohwasser



Nach MF



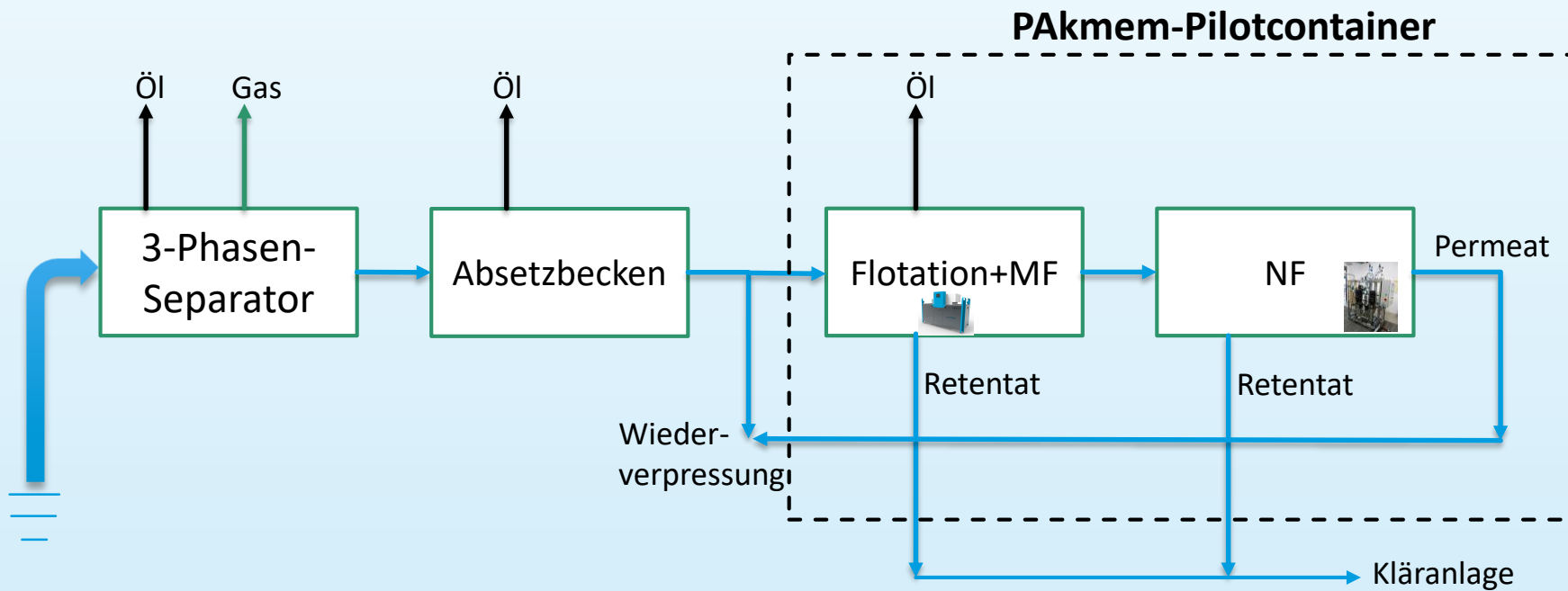
Nach NF



pH < 7 verbessert den NF-Rückhalt von Mg²⁺

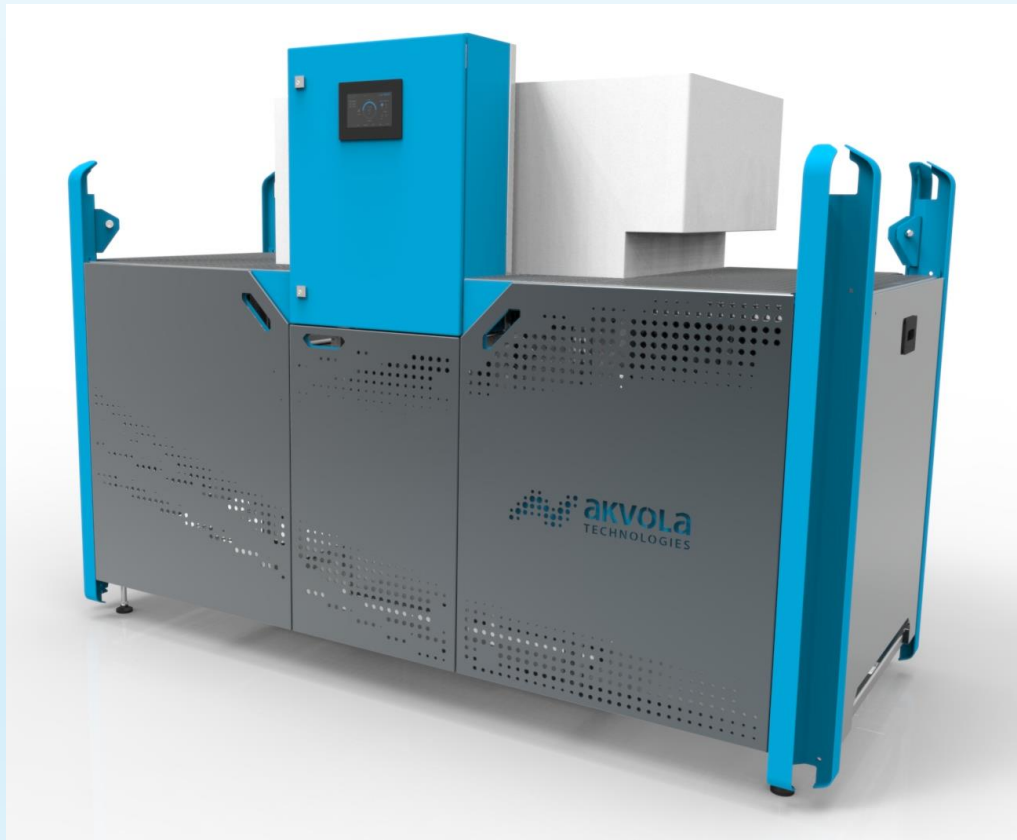
Quelle: SOPAT, IKTS

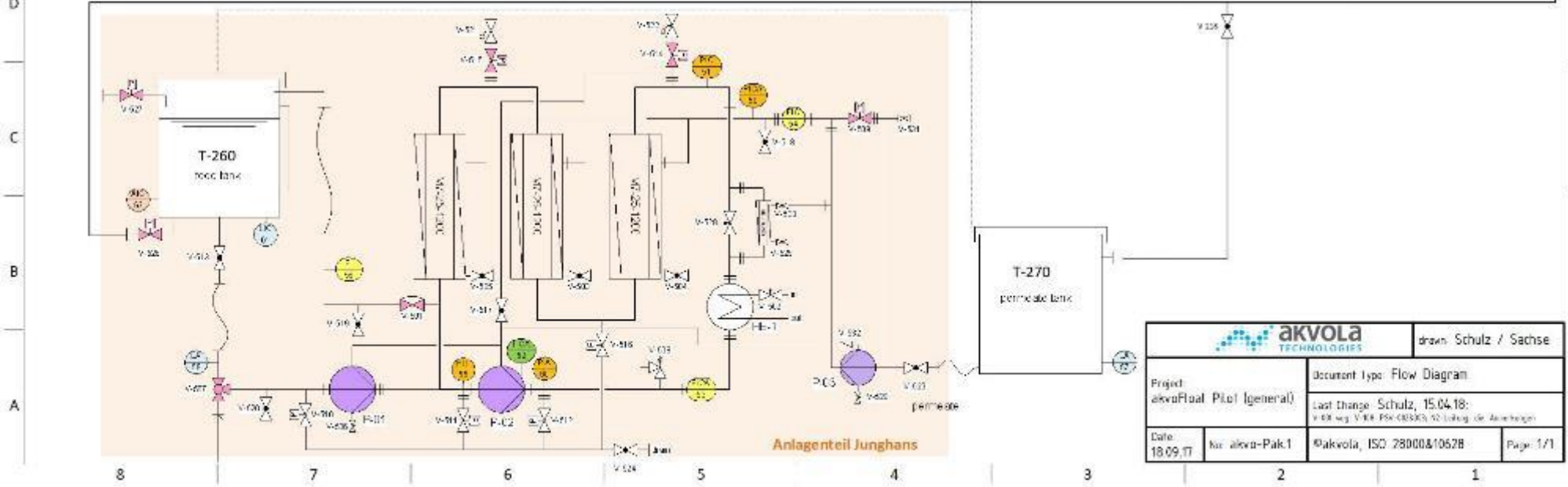
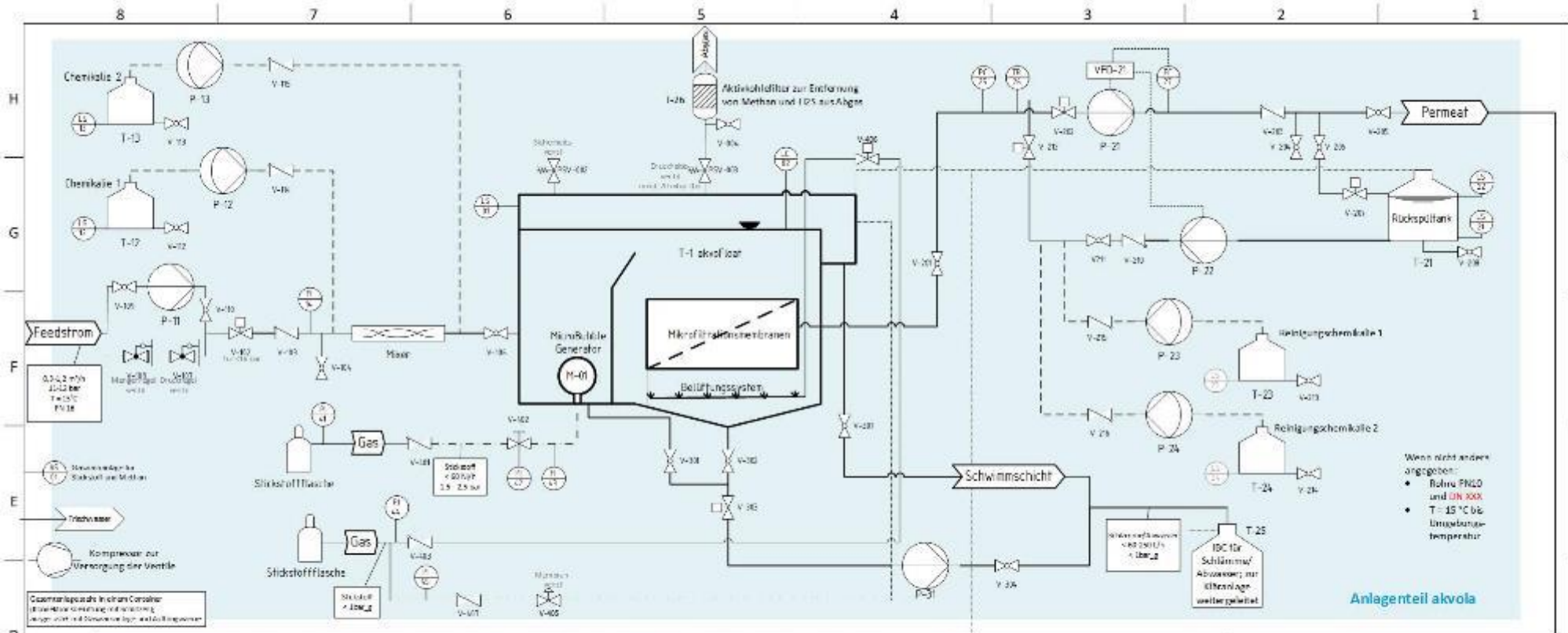
Abbildung 1: MgCl₂ Rückhalt an NKR, 10⁻² mol/l, 12bar, 2 m/s als Funktion des pH Wert



Pilotierung am Standort Barnstorf

Flotation+MF-> keramische NF





Einbindung Analytik von SOPAT + LUM!

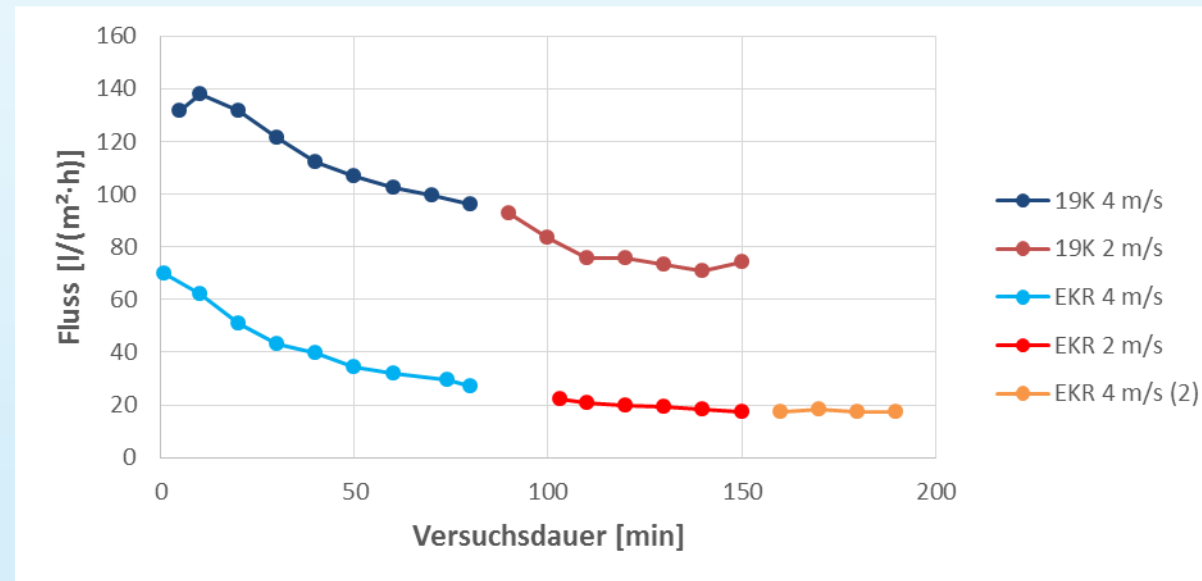


2. Wasser aus der Keramikindustrie

Ziel: Partikel, Salz- und CSB-Entfernung für die
Wasserwiederverwendung

Rauschert: Vergleich verschiedener Membrangeometrien

- Abwasser aus der keramischen Fertigung (Rauschert)
- A.b4 Trägerversatz Nanofiltration „T0.9“-Schicht
- 15 bar TMP

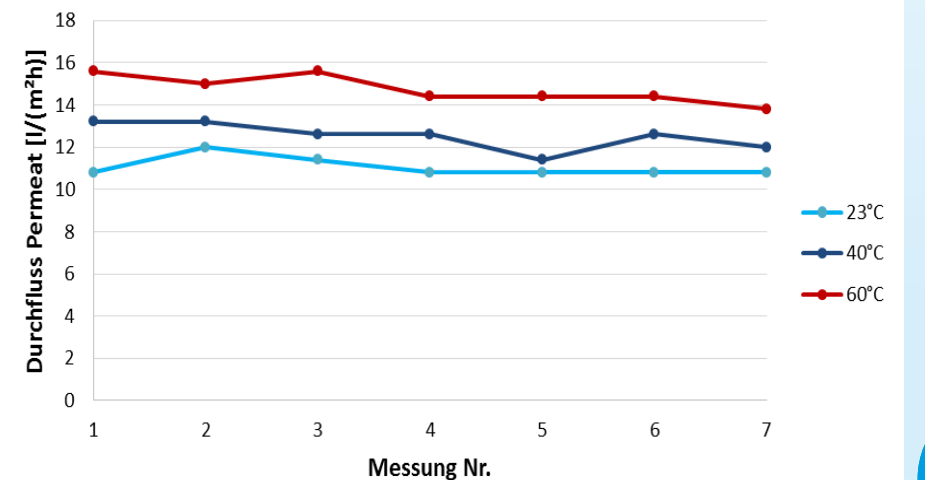
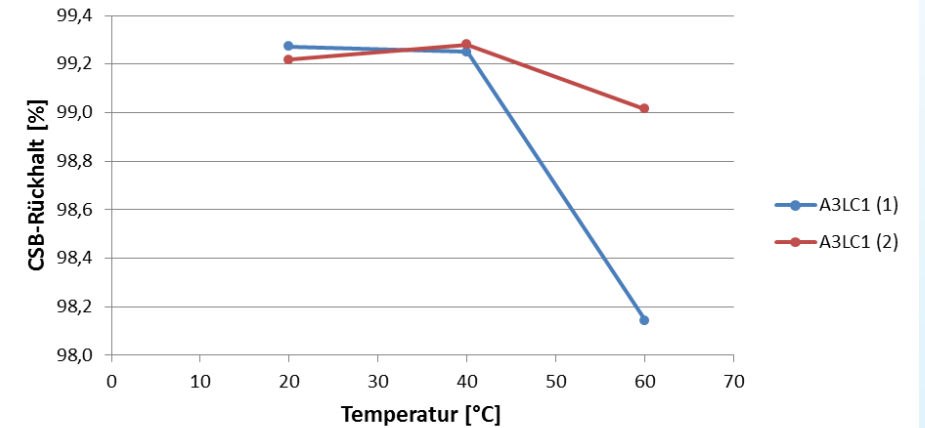


- $R(\text{CSB}) > 97\%$
- > Fluss sinkt mit Zeit auf nahezu konstanten Wert
- > größerer flächenspezifischer Fluss bei Mehrkanalgeometrie

Rauschert: Einfluss der Temperatur auf den CSB-Rückhalt

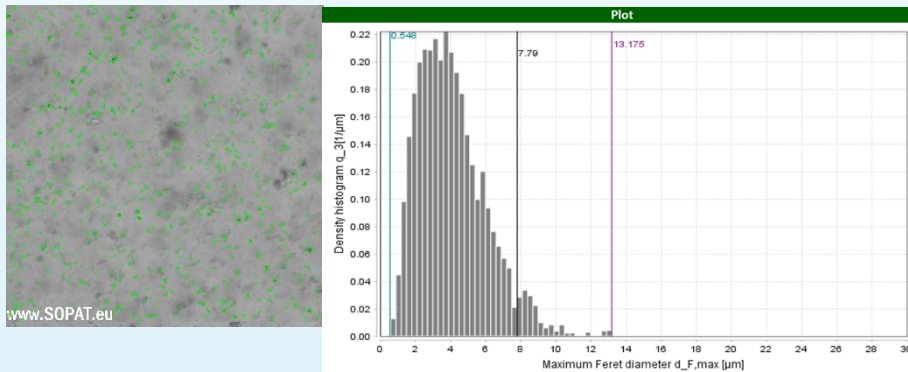
- Abwasser aus der keramischen Fertigung (Rauschert)
- A.b3 Trägerversatz LC1-Schicht
- 20 bar TMP

-> CSB-Rückhalt sinkt bei 60°C etwas ab
-> Fluss steigt mit der Temperatur

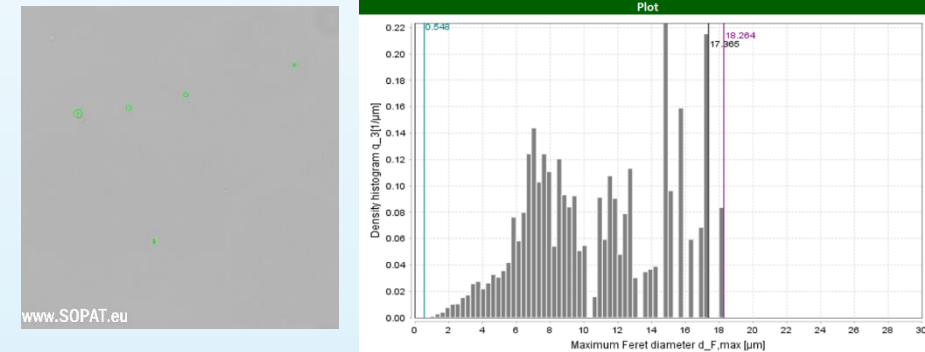


SOPAT: Beispiel für die Filterwirkung an keramischen Abwässern

Feed



Permeat



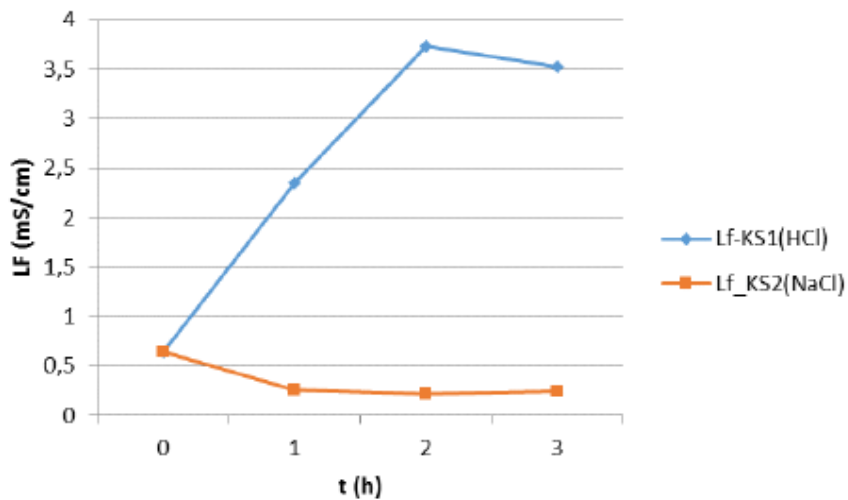
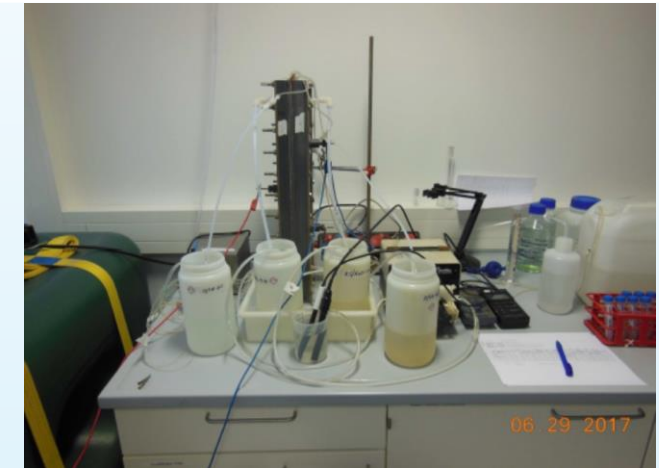
ca. 130-fach höhere Partikelzahl im unbehandelten Brauchwasser und geänderte Größenverteilung

Mikroskopsonde mit FlowCell



IKTS: Weitergehende Entsalzung/ED

- Verwendung des Permeats der keramischen Nanofiltration
- Voruntersuchungen zur Eingrenzung der Parameter
- Dauerversuche basierend auf diesen Daten erfolgt
- Reduktion der LF auf 1/3



	chem. Spezies, Angaben in mg/l				
	Cl	SO4	Na	Ca	Mg
Prozesswasser, filtriert	59	111	67	54	13
Diluat ED, Erzeugung HCl-Konzentrat	180	22	0,8	0,7	0,2
Diluat ED, Erzeugung NaCl-Konzentrat	22	45	18	17	5

IKTS: Pilotversuche in Keramikindustrie

- Anpassung und Automatisierung bestehender Anlage
- max. 2 x 151 KR → in Summe 2,4 m² Membranfläche
- temperierbar
- 2 unterschiedliche Rückspüleinrichtungen adaptiert
- Anpassung Steuerung für Pilotversuche
- Betrieb bei Partner Duravit
- Laborversuche zeigten deutlichen Salzurückhalt



Zusammenfassung und Ausblick

- ✓ **Öl- und Gasindustrie:** Labor- und Technikumversuche ergeben sehr gute Entfernung von Partikeln und divalenten Ionen (pH-Anpassung?) durch die Prozesskette Flotation + MF + NF
- Pilotanlage wird zeitnah fertig geplant und gebaut. Pilotversuche am Feld (Wintershall) sind ab Frühjahr 2019 vorgesehen

- ✓ **Keramische Industrie:** Versuche durchgeführt mit mehreren Membransorten und –geometrien mit sehr guter CSB- und Salzfrachtentfernung
- Pilotanlage wird umgebaut und dieses Jahr bei der Firma Duravit in Betrieb genommen

DANKE!