



Null-Emission Rohwasserproduktion in der Automobilindustrie

01.02.2021 – 31.01.2024 (www.projekt-nera.de)

Statuskonferenz WavE II – 07.02.2023

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

WavE
Wassertechnologien: Wiederverwendung

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit



Gefördert vom
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Überblick

Stand der Technik

Projektidee - Entwicklungsansätze

Zwischenergebnisse

Zusammenfassung / Ausblick

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

WavE
Wassertechnologien: Wiederverwendung

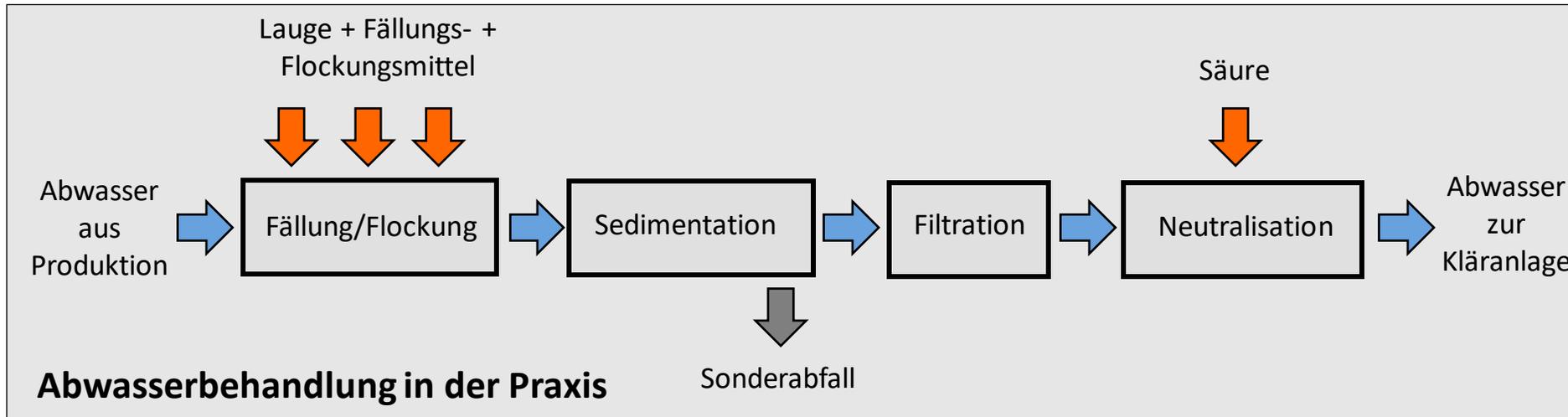
FONA
Forschung für Nachhaltigkeit



Gefördert vom

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Stand der Technik (für große Abwassermengen)



	Mengen - Mg/Jahr	Inhaltstoffe	Konz. - mg/l
Abwasser	30.000 - 150.000	Schwermetalle (Mn, Ni, Zn, Cr)	15 - 55
Lauge	4 - 20	Phosphat-P	40 - 60
Fällungs-/Flockungsmittel	10 - 50	CSB	150 - 250
Säure	10 - 50	Sulfat	200 - 800
Schlammanfall	30 - 150		

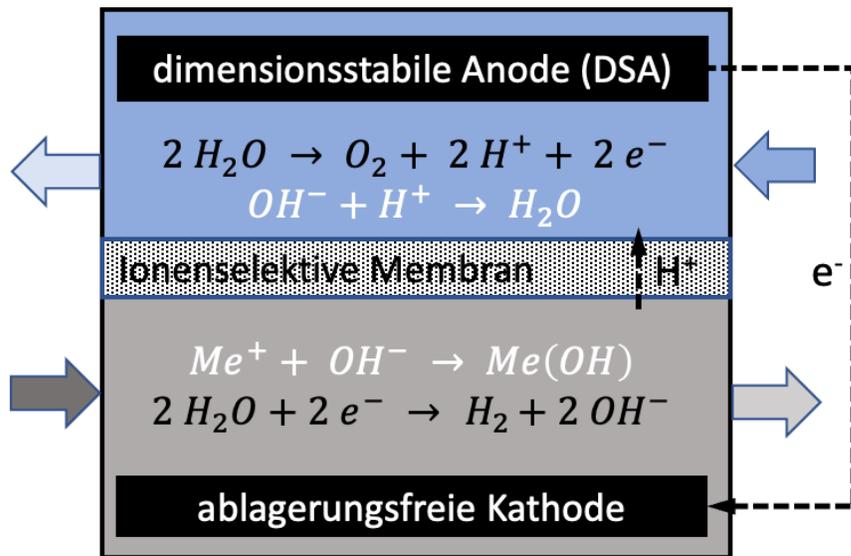
Eine Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

WavE
Wassertechnologien: Wiederverwendung

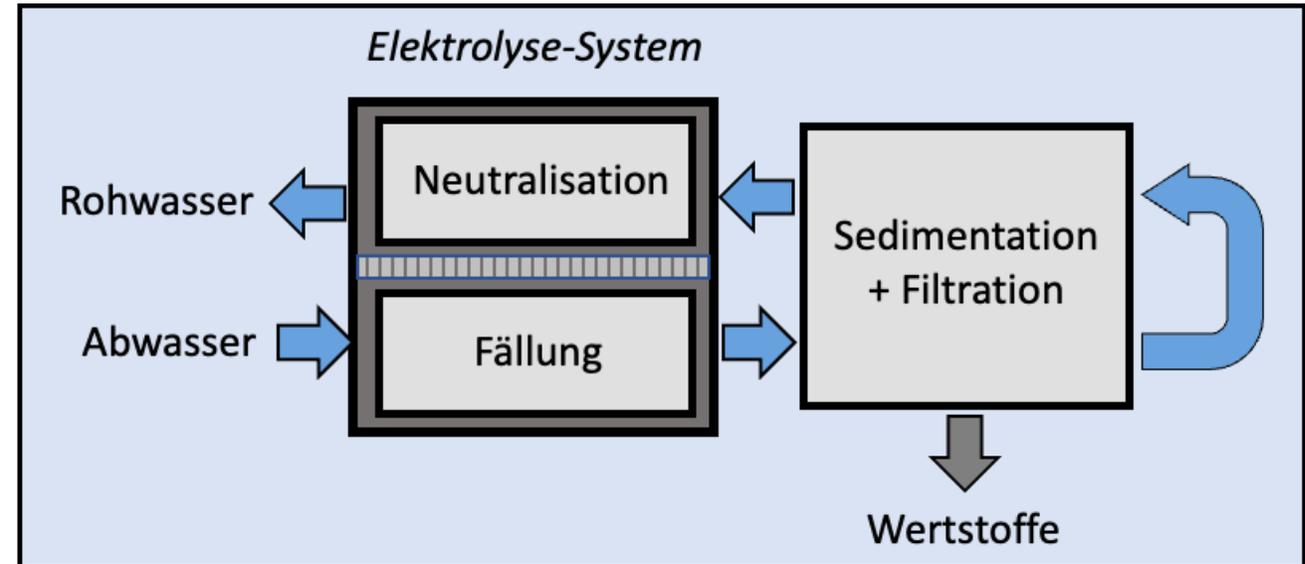
FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

Gefördert vom
 Bundesministerium für Bildung und Forschung

Projektidee



Elektrolyse-System



Abwasserbehandlungskonzept

Kein Bedarf an Lauge, Säure und Flockungsmittel
kein Schlamm als Sonderabfall

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

Gefördert vom
 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Entwicklungsschwerpunkte

- Fällung von (Schwer-)Metallen ohne Verbrauch von Rohstoffen
 - Elektrochemisch im basischen Bereich als Hydroxide, d.h. nur mit elektrischem Strom
 - Vorteil: Kein betrieblicher Ressourcenbedarf, unabhängig von Lieferketten
- Neues Elektrodenmaterial (Kathode)
 - Anhaftungen/Ablagerungen müssen vermieden werden, weil der elektr. Widerstand sonst zu groß wird (unwirtschaftlich)
- Neues Reaktorkonzept
 - Zwei-Kammersystem mit ionenselektiver Membran und drehenden Kathoden
 - Vorteil: Verstopfungsfreier Betrieb, definierte Überströmung an gesamter Kathodenoberfläche
- Neue Prozessführung / Kombination mit anderen Prozessen
 - Ergibt sich aus dem neuen Reaktorkonzept

Fragestellungen

- 1 Kathodenmaterialeigenschaften zielführend?
- 2 Reinigungsziel bezüglich Schwermetallelimination erreichbar ?
- 3 Rohwasser für Prozesswasseraufbereitung nutzbar?
- 4 Strombedarf wirtschaftlich interessant?
- 5 Reaktorkonstruktion, Komponentenproduktion?
- 6 Dauerbetriebsverhalten (Verfügbarkeit, Wartung etc.)?
- 7 Verbessertes Wassermanagementkonzept?

Ergebnisse (1) – Materialeigenschaften

Kathodenmaterial Kohlenstoff(Graphit)-Polymer-Compound

Elektrodenmaterial	Oberflächenrauigkeit (μm)	Widerstand ($\text{m}\Omega \text{ cm}$)	Standardabweichung der Widerstandsmessung ($\text{m}\Omega \text{ cm}$)
Lapren IM	27,52	30,93	6,16
Lapren IM sandgestrahlt	48,57	28,67	2,12
Polypropylen CM	21,07	7,86	0,26
Polypropylen CM übergefräst	13,13	5,06	1,80



- ➔
- Keine stoffliche Reaktion an der Elektrodenoberfläche
 - Minimale Ablagerungen, alle leicht abstreifbar
 - Gute Leitfähigkeit

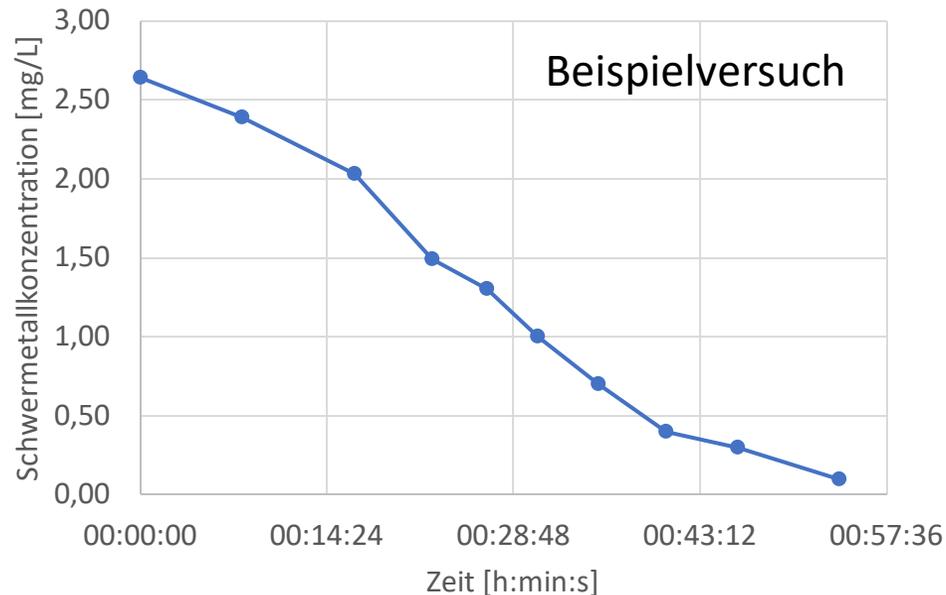
Materialeigenschaften zielführend

Eine Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung
WavE
 Wassertechnologien: Wiederverwendung

FONA
 Forschung für Nachhaltigkeit

Gefördert vom
 Bundesministerium für Bildung und Forschung

Ergebnisse (2) – Schwermetallelimination



ca. 50 Versuche

	Zulaufkonz. [mg/L]	Ablaufkonz. [mg/L]
Mangan	1-5	0-0,3
Nickel	1-5	0-0,3
Zink	0,5-5	0-0,3



- Schwermetallelimination jeweils unterhalb 0,5 mg/L
- Reinigungsziel mit Elektrolyse gut erreichbar

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung



WavE
Wassertechnologien: Wiederverwendung



FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

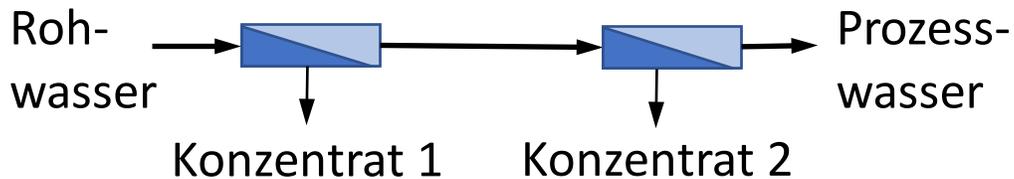
Gefördert vom



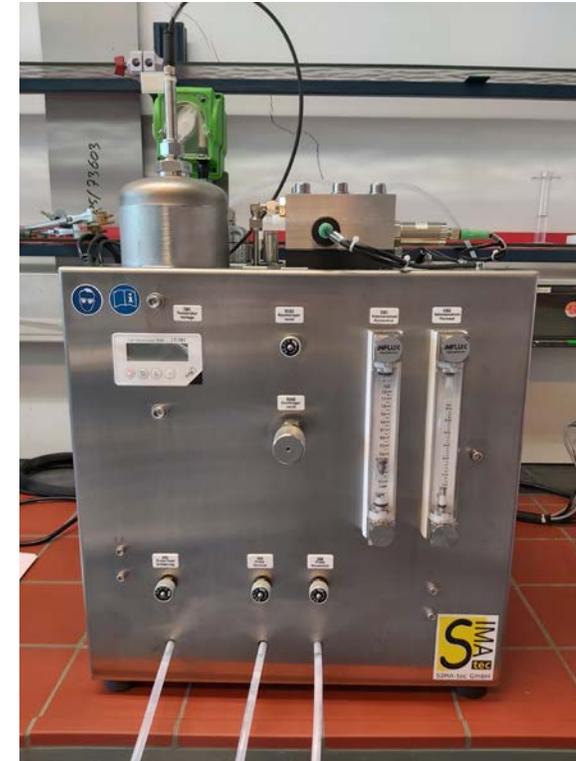
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Ergebnisse (3) – Prozesswasser-Rückgewinnungspotenzial

2-stufige RO

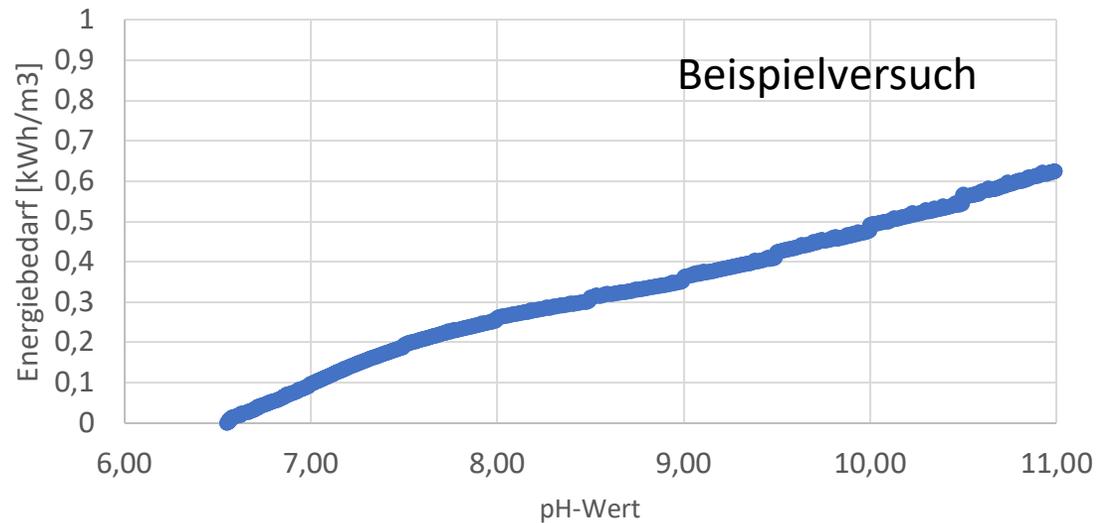


	Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	CSB [mg/L]
Rohwasser	362	250
Konzentrat 1	1585	374
Konzentrat 2	19	45,3
Prozesswasser	2,7	<20

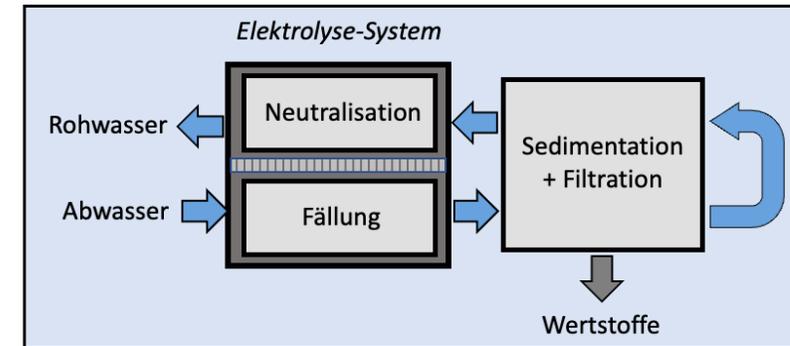


- 
- Rückgewinnungspotenzial 92 %
 - Qualität vergleichbar mit Permeat aus Talsperrenwasser-Aufbereitung

Ergebnisse (4) – Strombedarf für Abwasserbehandlung



ca. 50 Versuche



	Zulaufkonz. [mg/L]	Ablaufkonz. [mg/L]
Mangan	1-5	0-0,3
Nickel	1-5	0-0,3
Zink	0,5-5	0-0,3

Eine Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

WavE
Wassertechnologien: Wiederverwendung

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

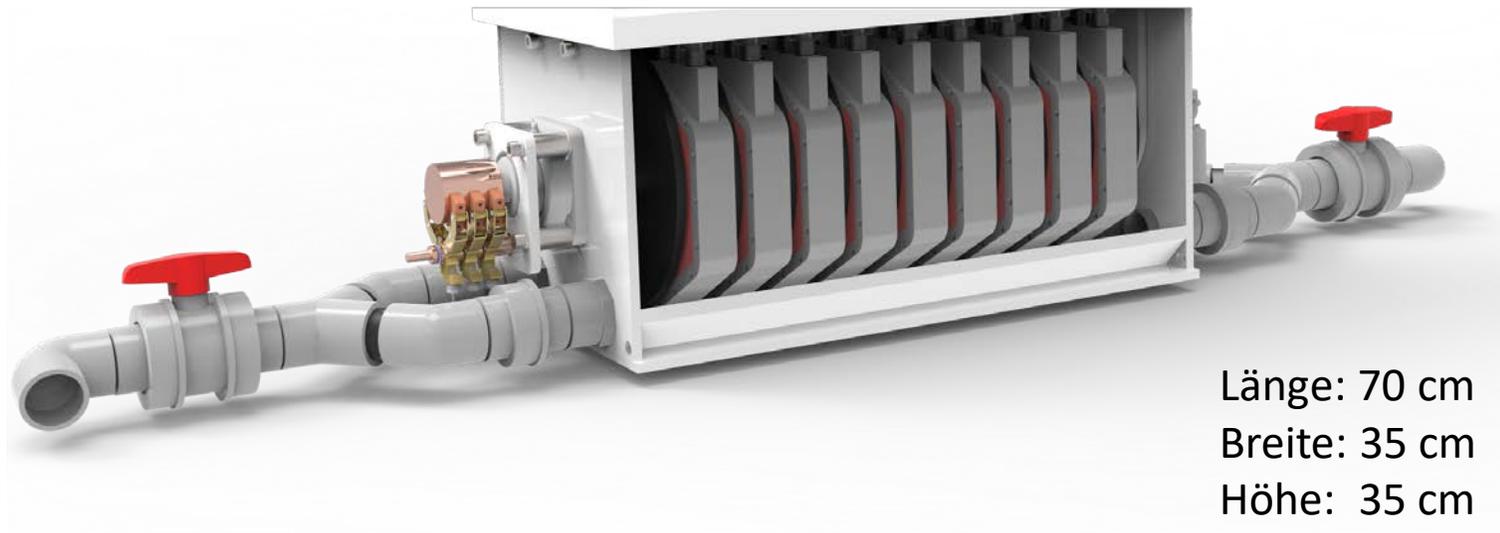


- Spez. Strombedarf bei ca. 0,6 bis 1,5 kWh/m³
- Wirtschaftlich interessanter Bereich

Gefördert vom

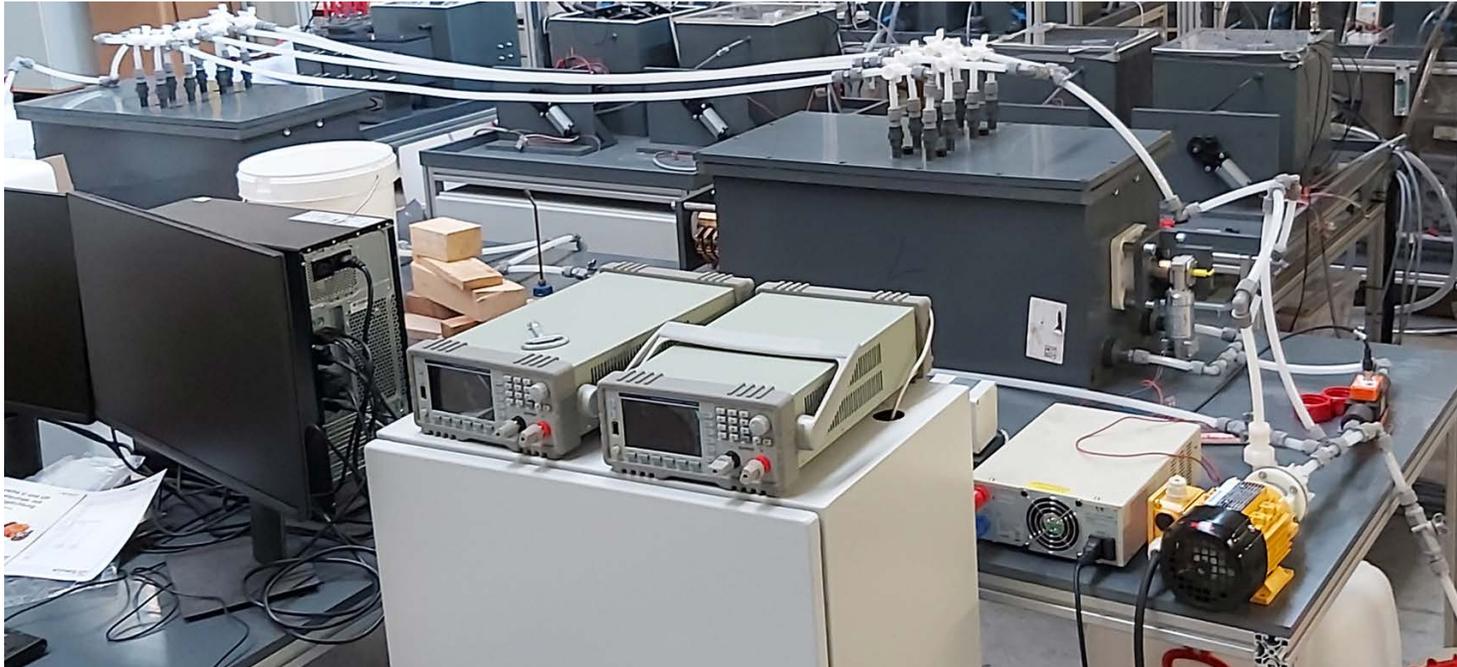
 Bundesministerium für Bildung und Forschung

Ergebnisse (5) – Aufbau/Design des Prototypen



- Fällung im Kathodenraum mit 10 drehbaren Kathoden
- Anodenkammern mit Membran-Anoden-Einheit zwischen Kathoden
- Modulschaltung von Elektrolyse-Systemen (analog Membranmodule)

Ergebnisse (5) – Proof-of-Concept Untersuchungen - Prototyp mit einzelnen Elektroden



- 
- Verzögerungen beim Reaktorbau
 - Ergebnisse abzuwarten

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

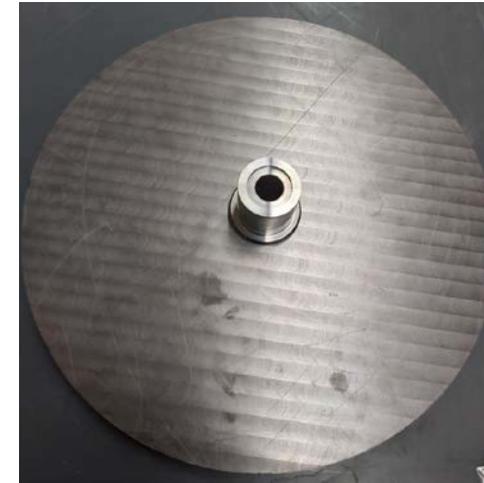
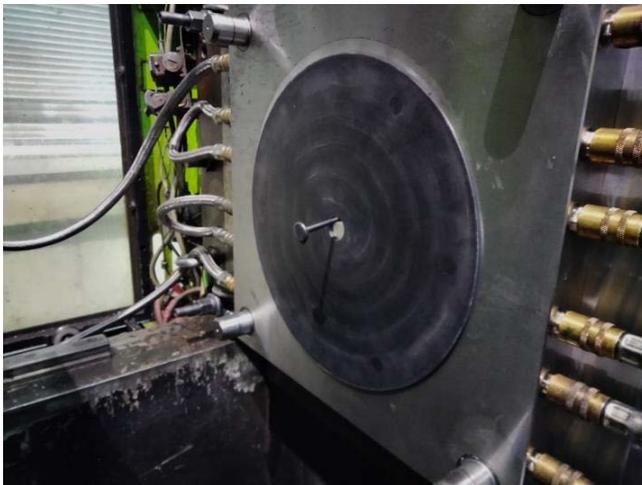
WavE
Wassertechnologien: Wiederverwendung

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

Gefördert vom
 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Ergebnisse (5) – Komponentenherstellung „drehende Kathode“

Kathodenmaterial Kohlenstoff(Graphit)-Polymer-Compound mit Kupfereinleger zur besseren Leitfähigkeit



Durchmesser: 280 mm



- Herstellprozess vorhanden
- Kleinserienproduktion

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung
WavE
Wassertechnologien: Wiederverwendung

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

Gefördert vom
 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Ergebnisse (5) – Komponentenherstellung „Membran-Anode-Einheit“

Anodenmaterial

- Kommerzielle DSA



Membranmaterial

- kommerzielle Kationenaustauschermembran z.B. Nafion

- 
- Konstruktion/Prototypen für Membran-Anoden-Einheit vorhanden
 - Proof-of Concept Test ausstehend
 - Entwicklung Herstellprozess aktuell in Bearbeitung

Zusammenfassung

- Neue Kathodenmaterialien ermöglichen chemikalienfreie Schwermetallfällung – auch Wasserenthärtung z.B. RO-Konzentrat
- Elektrolyse mit niedrigem spez. Stromverbrauch realisierbar
- Hohes Wasserrückgewinnungspotenzial von über 90 %
- Elektrolyse-System und Fertigungsprozesse für Komponenten entwickelt

Ausblick

- Prototyp Elektrolysesystem – Übertragbarkeit bisheriger Ergebnisse?
- Bau / (Dauer-)Betrieb der Pilotanlage (ca. 8.000 m³/a)
- Selektive P- und Metallrückgewinnung
- Wassermanagementkonzept erarbeiten/prüfen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

CUTEC Forschungszentrum der TU Clausthal
Leibnizstraße 23, 38678 Clausthal-Zellerfeld
michael.sievers@cutec.de