

Titel des Projekts: ElektroPapier



GEFÖRDERT VOM

Laufzeit: Sommer 2016 – Winter 2018

Projektpartner:



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

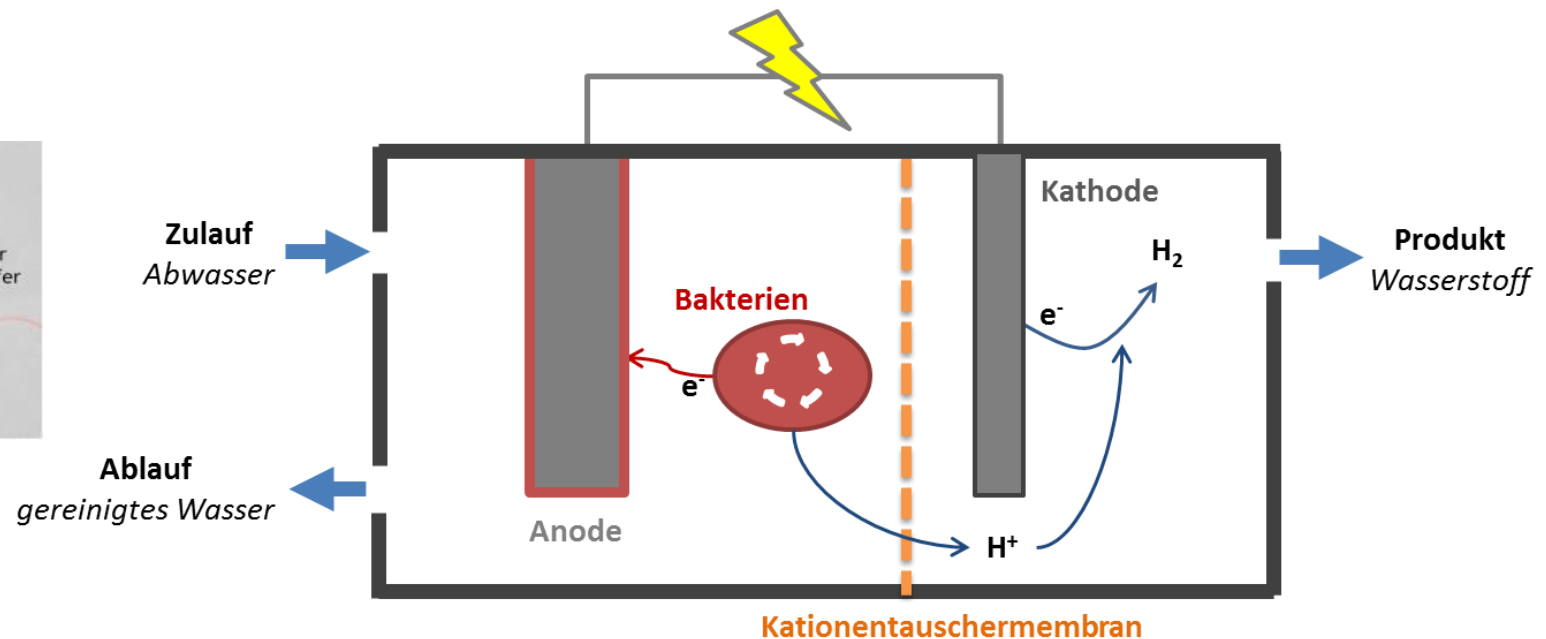
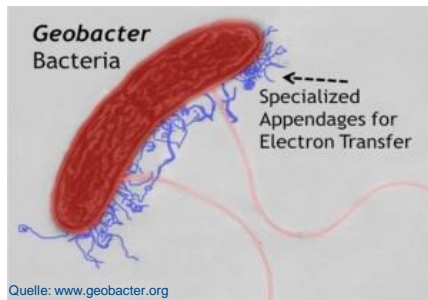




Projektidee und -konzept

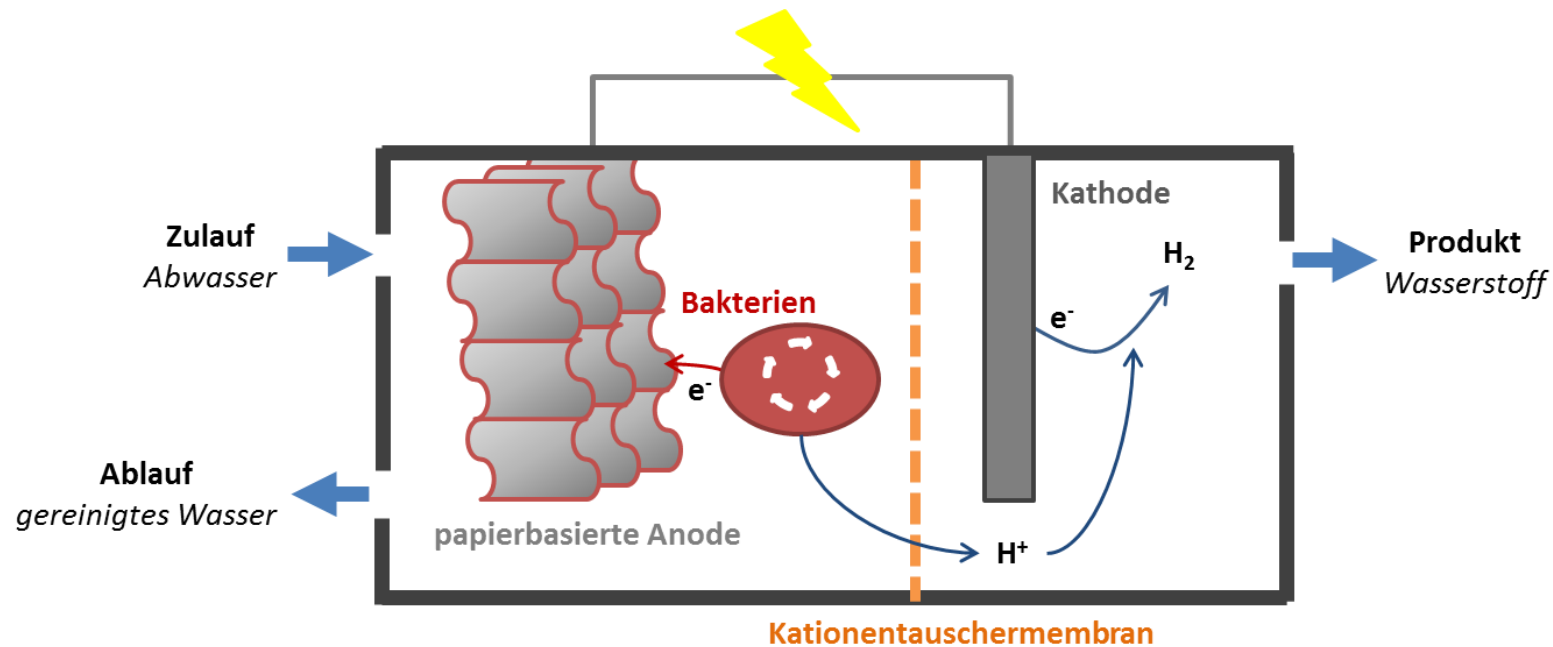
Was sind mikrobielle Elektrolysezellen?

Ein **nachhaltiges Verfahren** bei welchem organische Bestandteile im Abwasser mit Hilfe von elektrisch-aktiven Bakterien unter Erzeugung von Wasserstoff abgebaut werden.

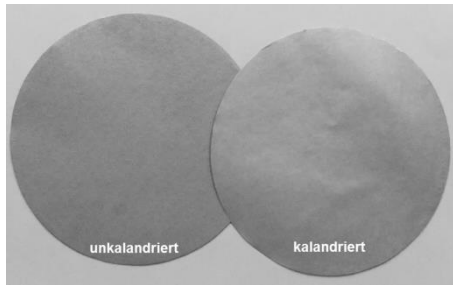
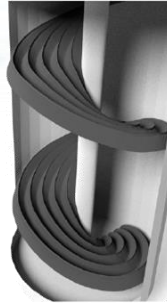
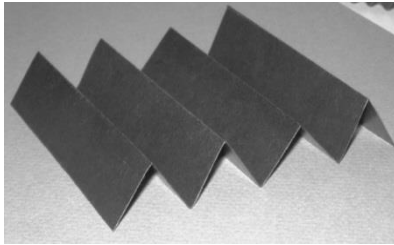


Was macht ElektroPapier?

Die **Steigerung der Leistungsfähigkeit** bioelektrischer Systeme durch eine Vergrößerung der mikrobiellen Aufwuchsfläche mittels papierbasierter Anoden in 3-dimensionalen Strukturen



Arbeitsschwerpunkte



Auswahl graphitischer Füllstoffe

Dispersionsentwicklung

Rezepturenentwicklung

Blattbildung

Elektrodenentwicklung

Elektrodengeometrie

Membranentwicklungen

Demonstration





Graphit- und Dispersionsentwicklung

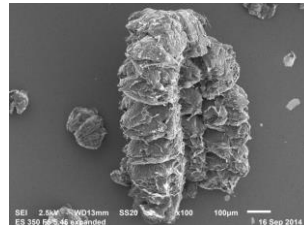
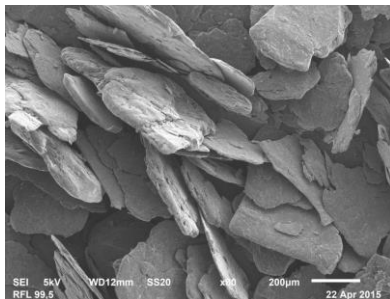
Ziel:

Anforderungen an den Füllstoff bei der Papierproduktion

- gute elektrische Leitfähigkeit
- gute Anbindung an die Papiermatrix

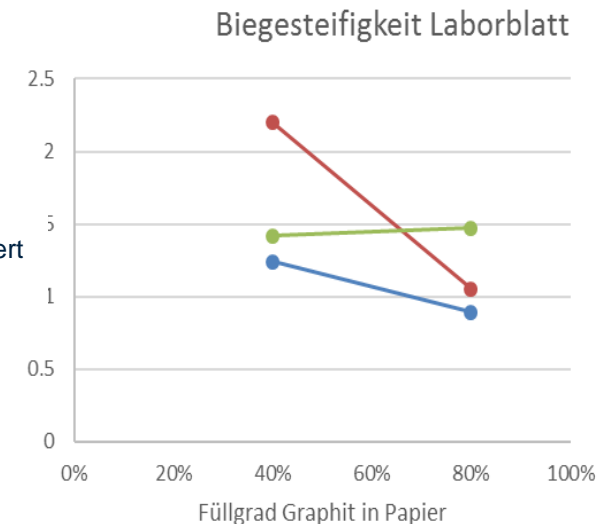
Ergebnisse:

- expandierte Graphite weisen die höchste elektrische Leitfähigkeit auf
- Funktionalisierung mittels des **kalten Plasmaverfahrens** verbessert die mechanischen Eigenschaften des Papiers



REM-Aufnahmen von expandiertem Graphit (rechts) und Graphit-Plättchen (links)

- Nicht Funktionalisiert
- Chemisch Funktionalisiert
- Plasma-funktionalisiert

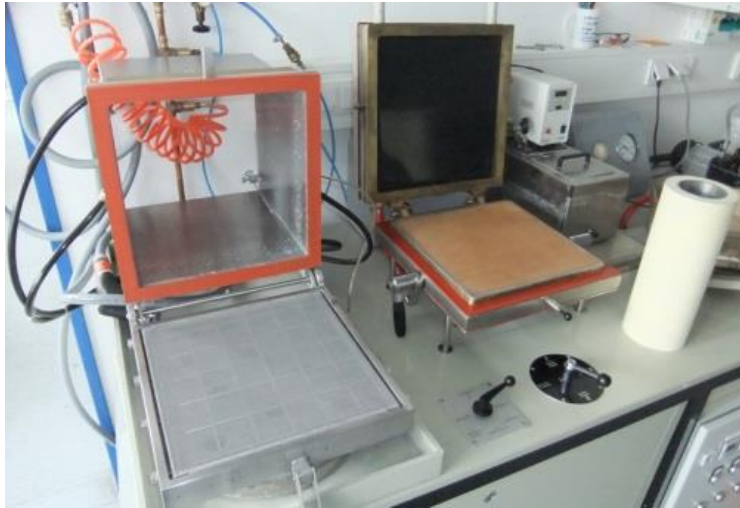




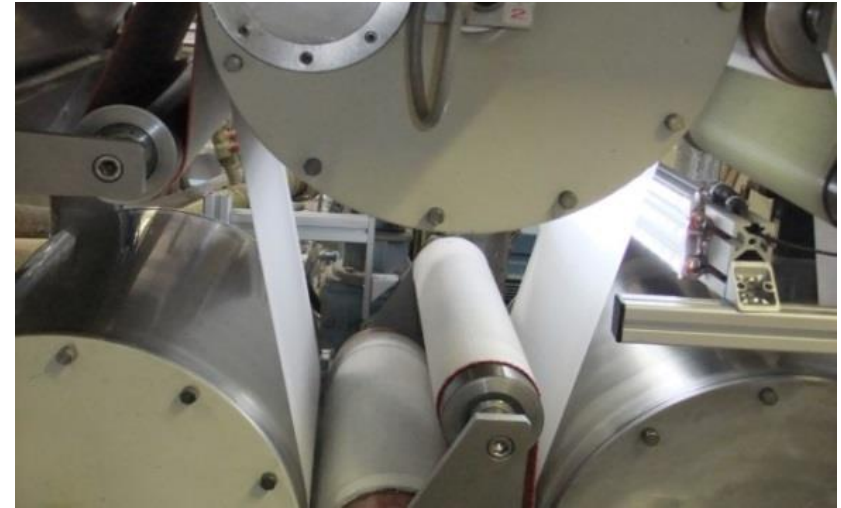
Papierentwicklung – Blattbildung

Ziel:

Validierung der Übertragbarkeit der Laborergebnisse auf die kontinuierliche Papierherstellung



Rapid-Köthen-Prinzip
Blattgröße: 30 x 30 cm



Versuchspapiermaschine
Blattgröße: 50 cm x unendlich

Wesentliche Zielgrößen des Papiers:

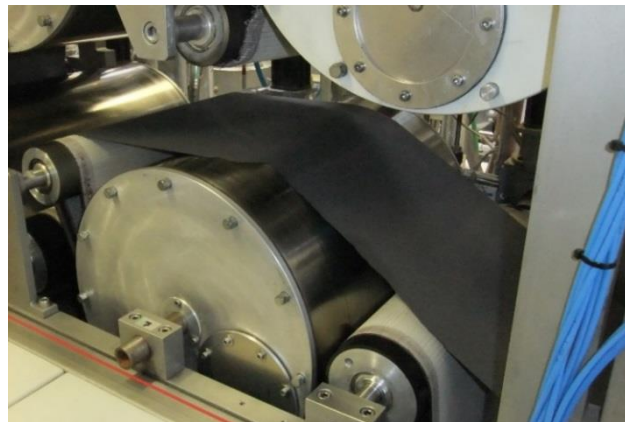
- Füllstoffgehalt ca. 80 %
- Flächenbezogene Masse ca. 200 g/m²
- Verdichtung der Papiere mittels Glättwerk



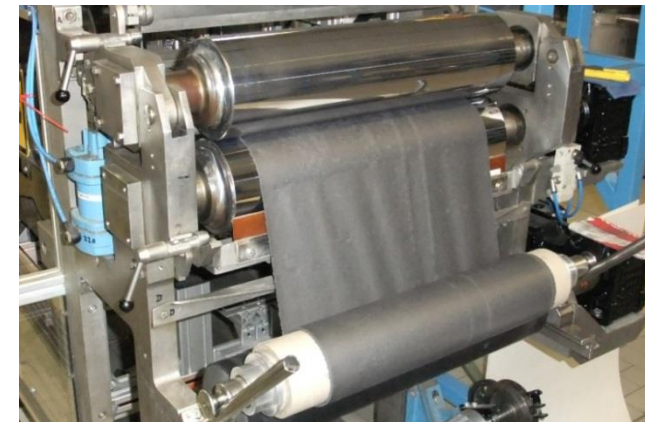
Herausforderung:
mechanische Belastung



Stoffauflauf



Trockenzone



Glättwerk



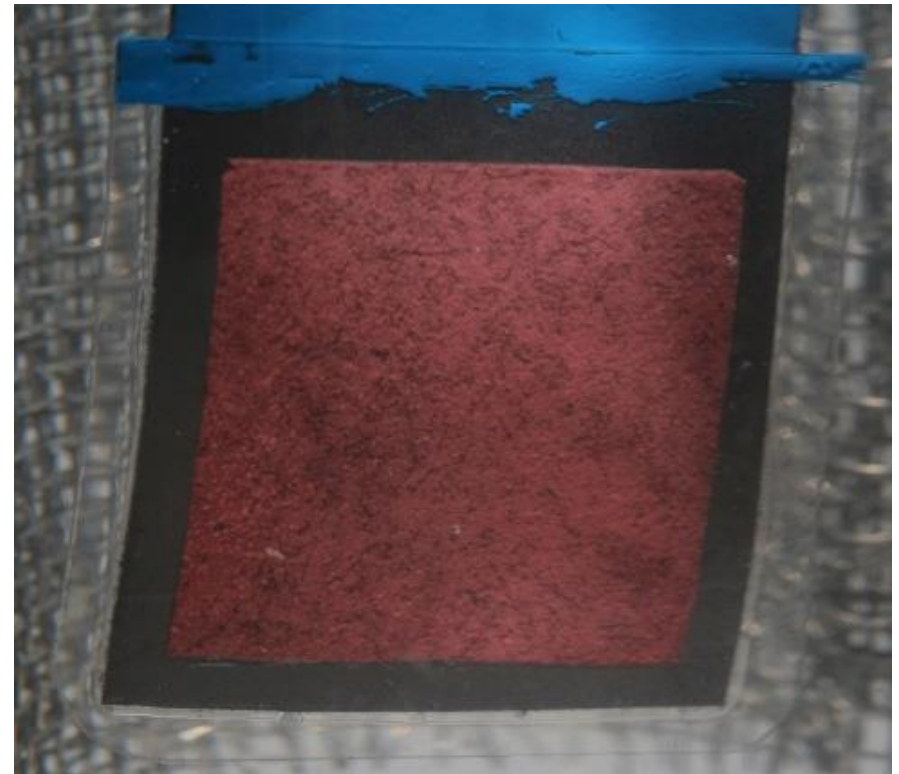
Elektrodenentwicklung – Labormaßstab

Die erreichten Stromdichten mit Papieranoden sind vergleichbar mit denen von Graphit- und Metallelektroden

→ die Eignung der Papiere als Elektrode ist bewiesen

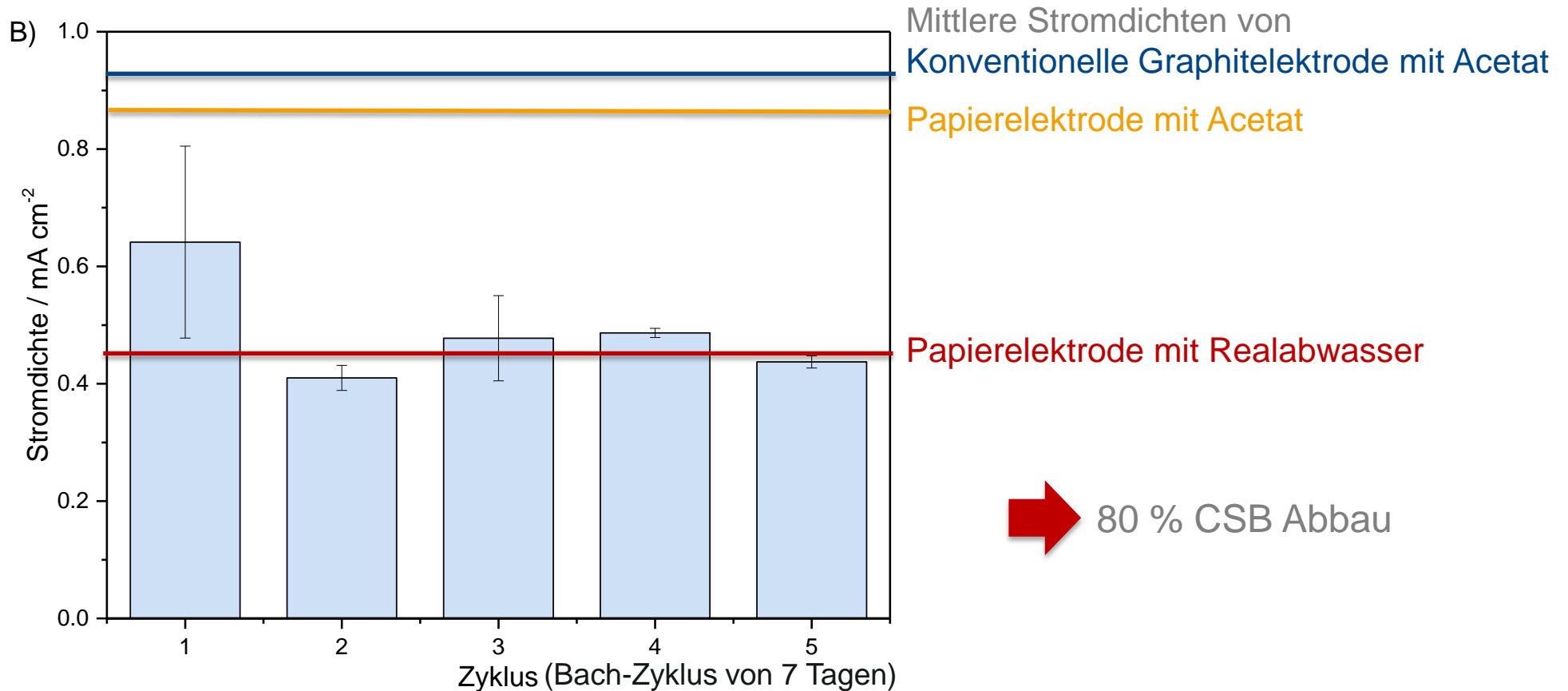


Laborreaktor



Roter Biofilm auf einer quadratischen Anode

Stromdichte in Laborversuchen



➔ Weitere Steigerung der Leistung kann durch Konditionierung der mikrobiellen Gemeinschaften auf das Realabwasser erreicht werden



Elektrodenentwicklung – Technikumsmaßstab

Ziele:

Systematische Untersuchung der entwickelten Membranen und Papierelektroden

Ergebnisse:

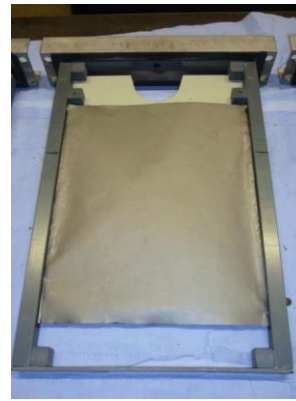
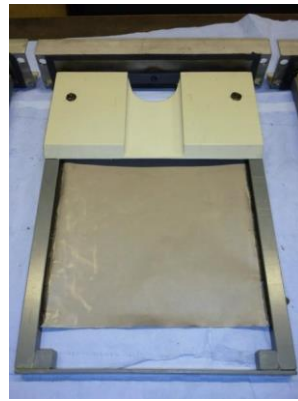
- Guter CSB-Abbau im Durchflussbetrieb mit Graphitplattenelektroden und Realabwasser
- Die ersten Papieranoden zeigen ein Drittel der Leistung bezogen auf die Stromdichte → Optimierungspotential



Umbau von Graphitplattenanoden auf Papieranoden



Graphitplatten



Papieranoden trocken und nach 3 Tagen im Reaktor

Parameter	Graphitplatte	Papier
Maximale Stromdichte [A/m^2]	1,526	0,426
CSB-Abbau [%]	97	85



Mikrobielle Analytik

Ziel:

Optimierung der mikrobiellen Struktur-Funktionsbeziehungen

Ergebnisse:

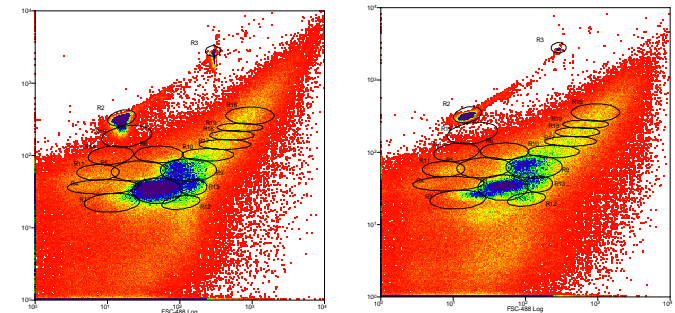
- Probenahme und -transfer vom Partnern zum Analyseort sind möglich
- Analyse von Biofilm auf Graphitelektrode erfolgreich



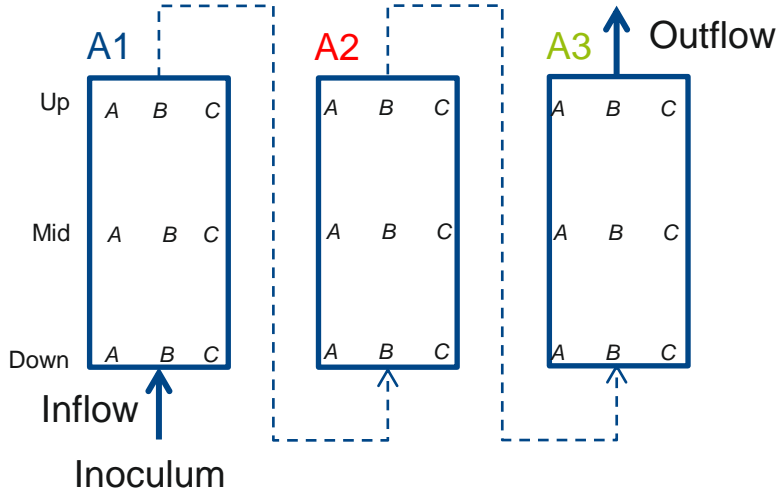
Fluss-Zytometrie



Biofilm auf Elektrode 1 und 3

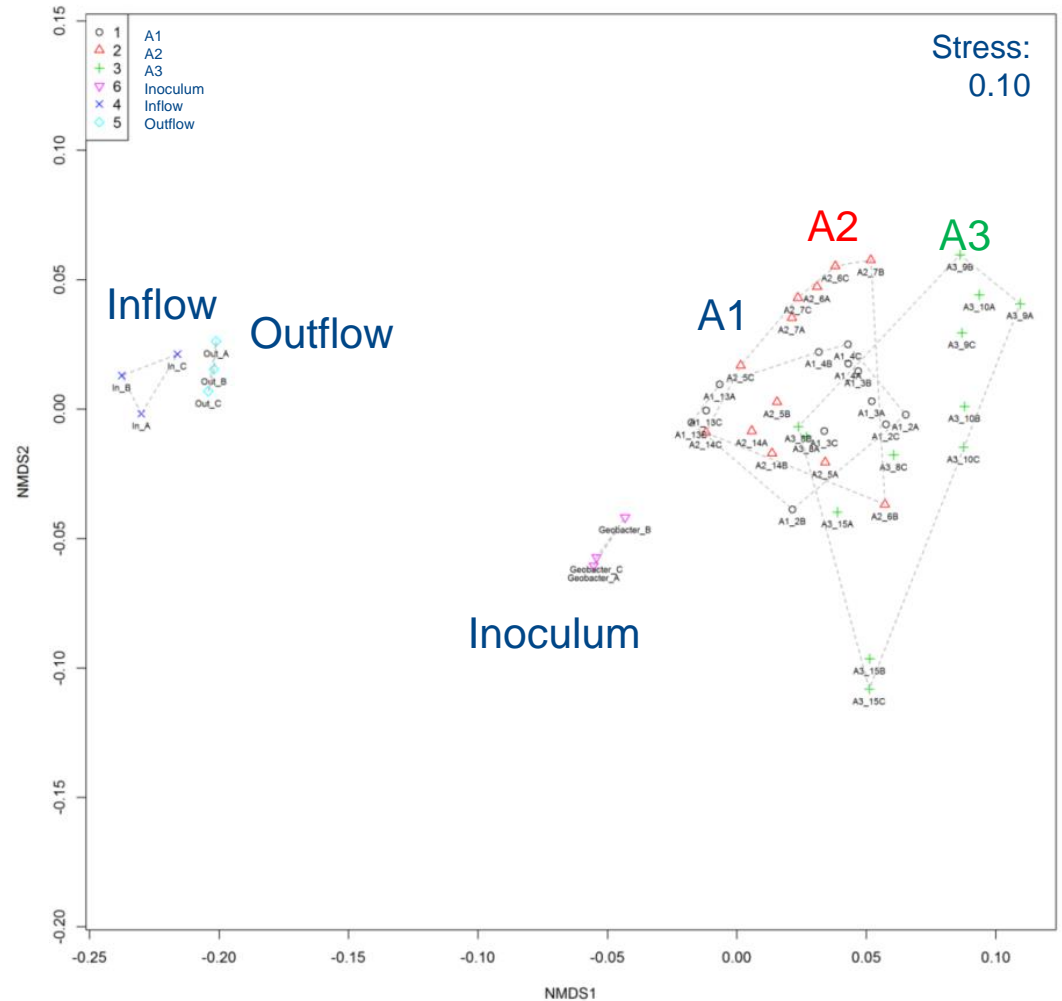


Schema der Probennahme



Die Auswertung der Proben zeigt eine räumlich-zeitliche Heterogenität des Biofilms auf den Anoden

Grouped by anode, based on DAPI/FSC
Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaft



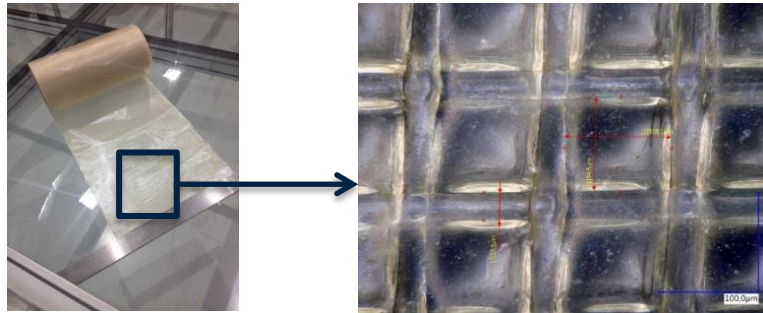


Membranentwicklung

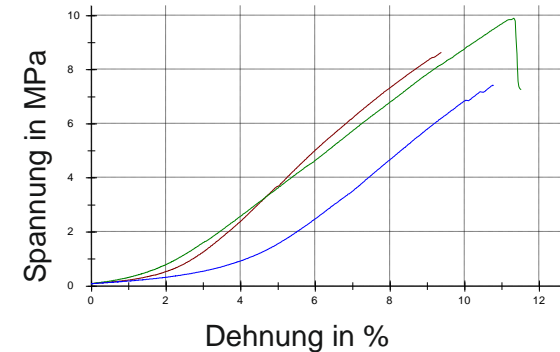
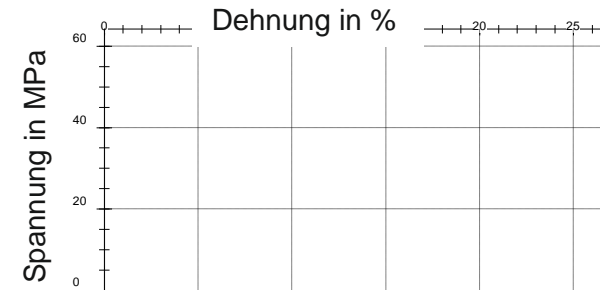
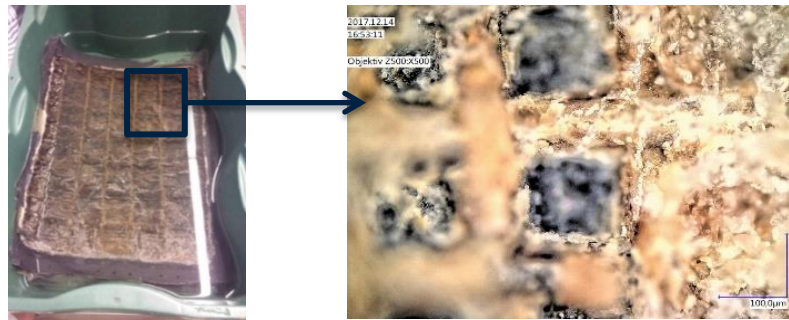
Ergebnisse:

Analyse der Membran nach einem Jahr Testlauf im Pilotmodul

vorher



nachher



- Funktionalität und Leitfähigkeit noch gegeben
- Abnahme der mechanischen Stabilität
- Wirksame Anti-Fouling-Beschichtung

Ziel:

Optimierung der Membran zur Anwendung in MEZ

Aktuelle Arbeiten:

- Aufskalierung Membranen (Polymeransätze bis 50 Liter Batchgröße)
- Herstellung röhrenförmiger Membranen zur Optimierung der Fertigung der Rohrmodule für den Demonstrator



Mittels Schweissverfahren hergestellte Rohrmembranen



Stützstruktur von EnviroChemie zwecks Einbau der Rohrmembranen in das Demonstrator-Modul



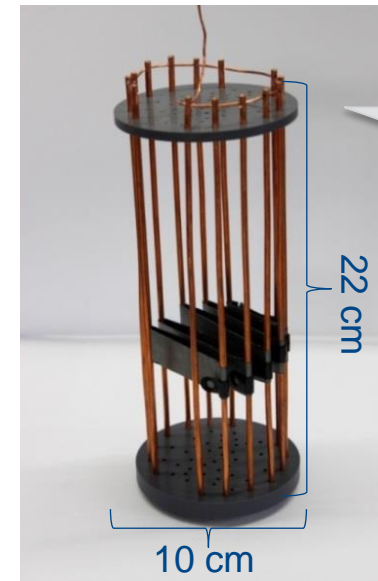
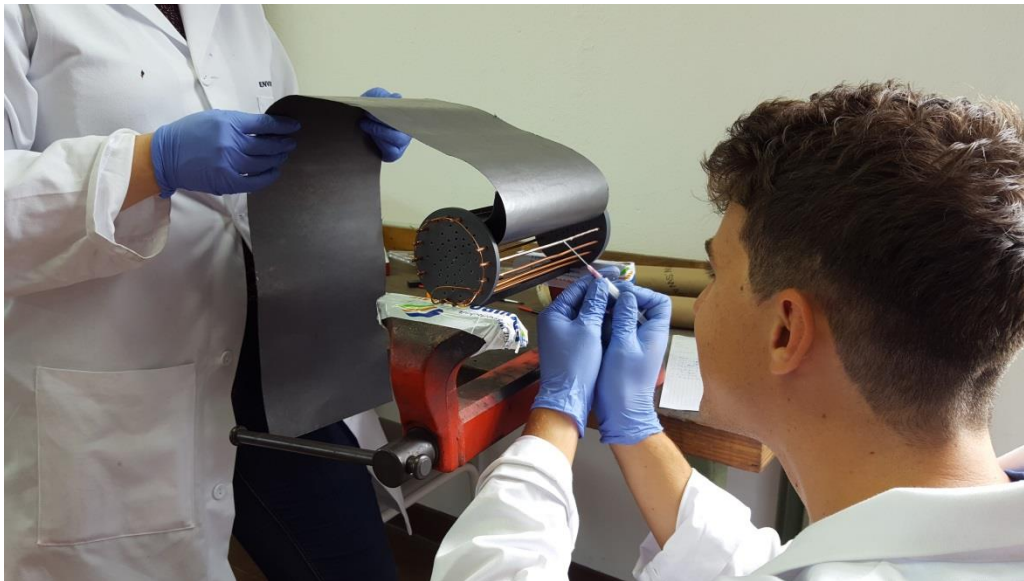
Elektrodenentwicklung – Rohrmodule

Ziel:

Entwicklung von dreidimensionalen Flächenelektroden für Rohrreaktormodule

Ergebnisse:

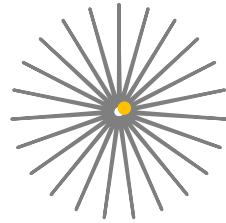
- 6 Laborreaktoren mit 3 L Volumen
- dreidimensionale Flächenelektroden wurden konstruiert und gebaut



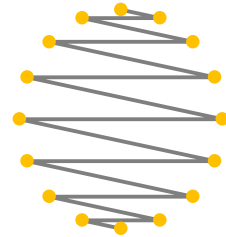
Ausgestellt
am
Marktplatz

Mögliche Elektrodengeometrien

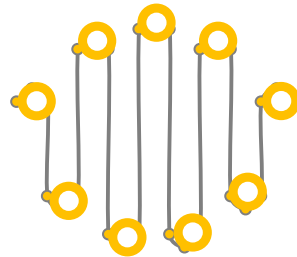
● Kupfer ● Papier



Flächen/Volumen-Verhältnis: 1,96



Flächen/Volumen-Verhältnis: 1,59



Flächen/Volumen-Verhältnis: 1,02

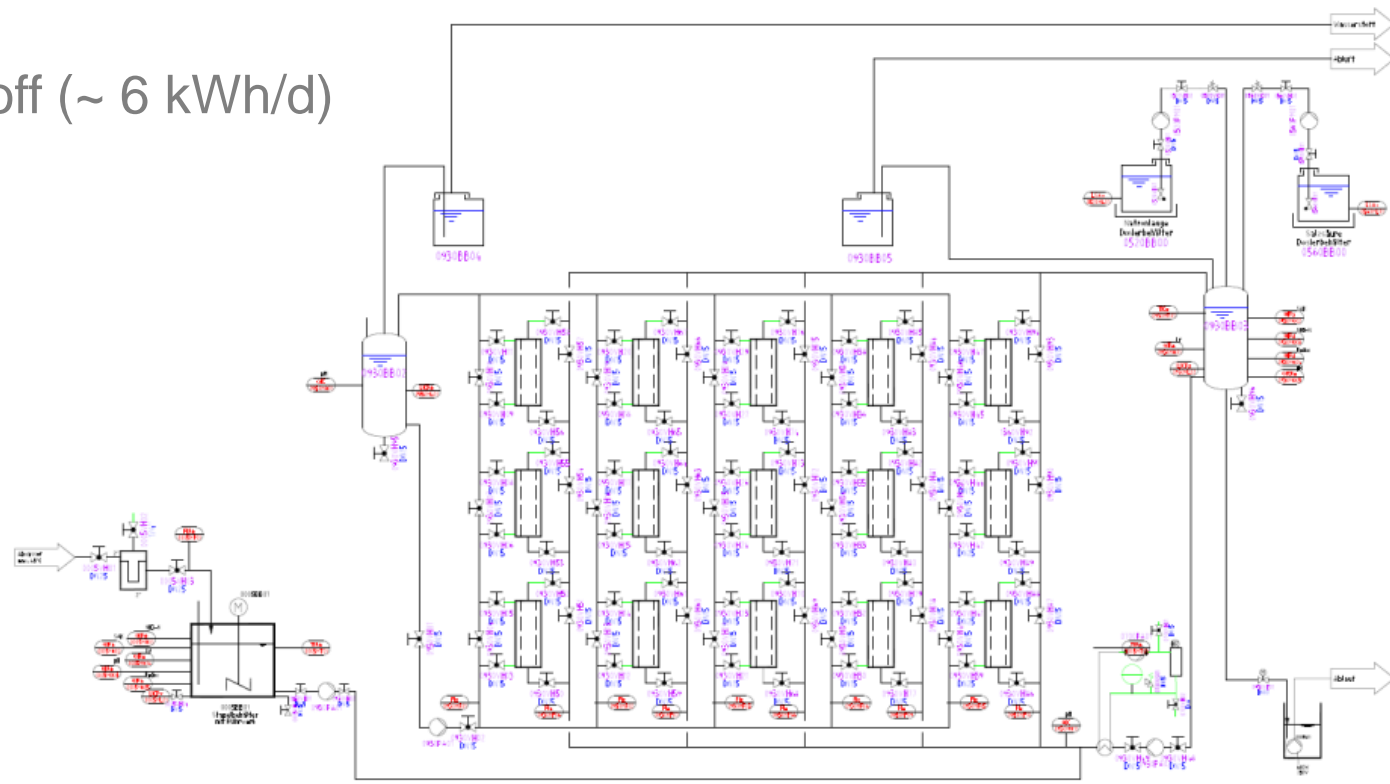


Elektrodenentwicklung – Demonstrator

Demonstratorentwicklung

Modularer Aufbau eines Demonstrators mit einzelnen Rohrmodulen

- Elektrodenfläche: ca. 12 m²
 - theoretisch abbaubare Fracht: ca. 1,38 kg CSB/d
- ca. 2 m³/d Wasserstoff (~ 6 kWh/d)

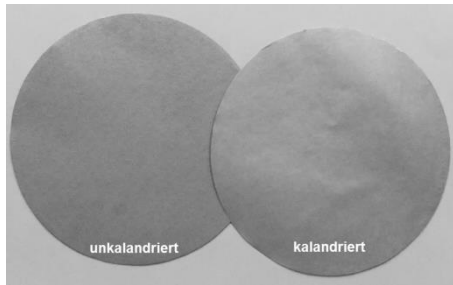
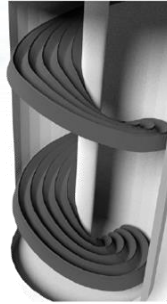
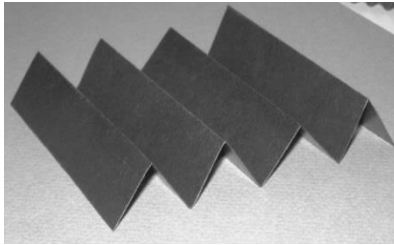


Prozessschema des Demonstrators



Zusammenfassung

Arbeitsschwerpunkte



✓ **Elektrodenentwicklung**

✓ **Blattbildung**

✓ **Rezepturenentwicklung**

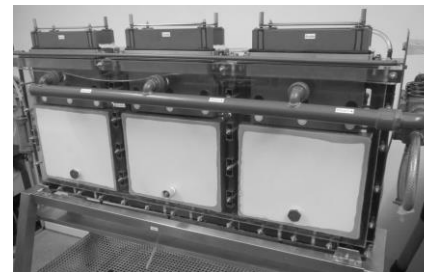
✓ **Dispersionsentwicklung**

✓ **Auswahl graphitischer Füllstoffe**

➔ **Demonstration**

↻ **Membranentwicklungen**

↻ **Elektrodengeometrie**





Vielen Dank!

GEFÖRDERT VOM

