



Informationen
Ressourcen
Energie

Workshop Mikrobielle Brennstoff- und Elektrolysezellen
21./22. November 2016 - Goslar

***Einsatz von mikrobiellen
Brennstoff- und Elektrolysezellen
in der Abwassertechnik – Stand
der Entwicklung***



- Einleitung
- Zusammenfassung Stand der Entwicklung
- (Weitergehende) Entwicklungen aus BioBZ
- Zukünftige Herausforderungen
- Zusammenfassung und Ausblick

Reaktorkonzepte im Abwasserbereich

Bio-Brennstoffzelle

- ☐ Anodenkammer flüssig – Kathodenkammer gasförmig (z.B. Uni Bochum, KESTro)
- ☐ Anoden- und Kathodenkammer flüssig (BioBZ)

Ziele / Ansatz

- ☐ Direkt Strom aus gelöstem CSB – ohne Belüftung
- ☐ Strom wahlweise aus CSB und Nitrat – mit/ohne Belüftung

Bio-Elektrolysezelle

- ☐ Anoden- und Kathodenkammer flüssig (BioMethanol, BioBZ)

Ziele / Ansatz

- ☐ Wasserstoffproduktion aus gelöstem CSB
- ☐ Denitrifikation
- ☐ Metallentfernung

Generell: Nur wenige Literaturstellen mit Untersuchungen an realem Abwasser

Bio-Brennstoffzelle

- Bekannte Ergebnisse für Reaktorgrößen im Liter-Maßstab (u.a. 45 L Uni Bochum, 72 L Uni Tsianghua, 150 L BioBZ)
- Größte Reaktoren bisher: Fa. emefcy ca. 1m³ Maßstab, seit 2012 wird Vermarktung angekündigt, nun für 2017 geplant

Bio-Elektrolysezelle

- Maßstab bisher noch kleiner gegenüber Reaktorgrößen von Bio-Brennstoffzellen

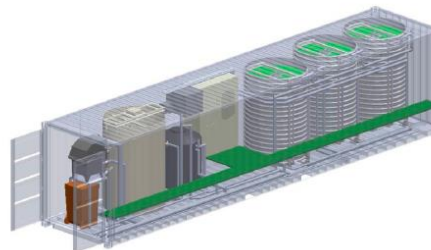
EBR	Further A\$2.7B market handling difficult organic industrial wastewater - Unique, ZERO-OPEX solution that makes electricity from wastewater while treating it	2017 field pilot 2018 commercial availability
-----	---	--

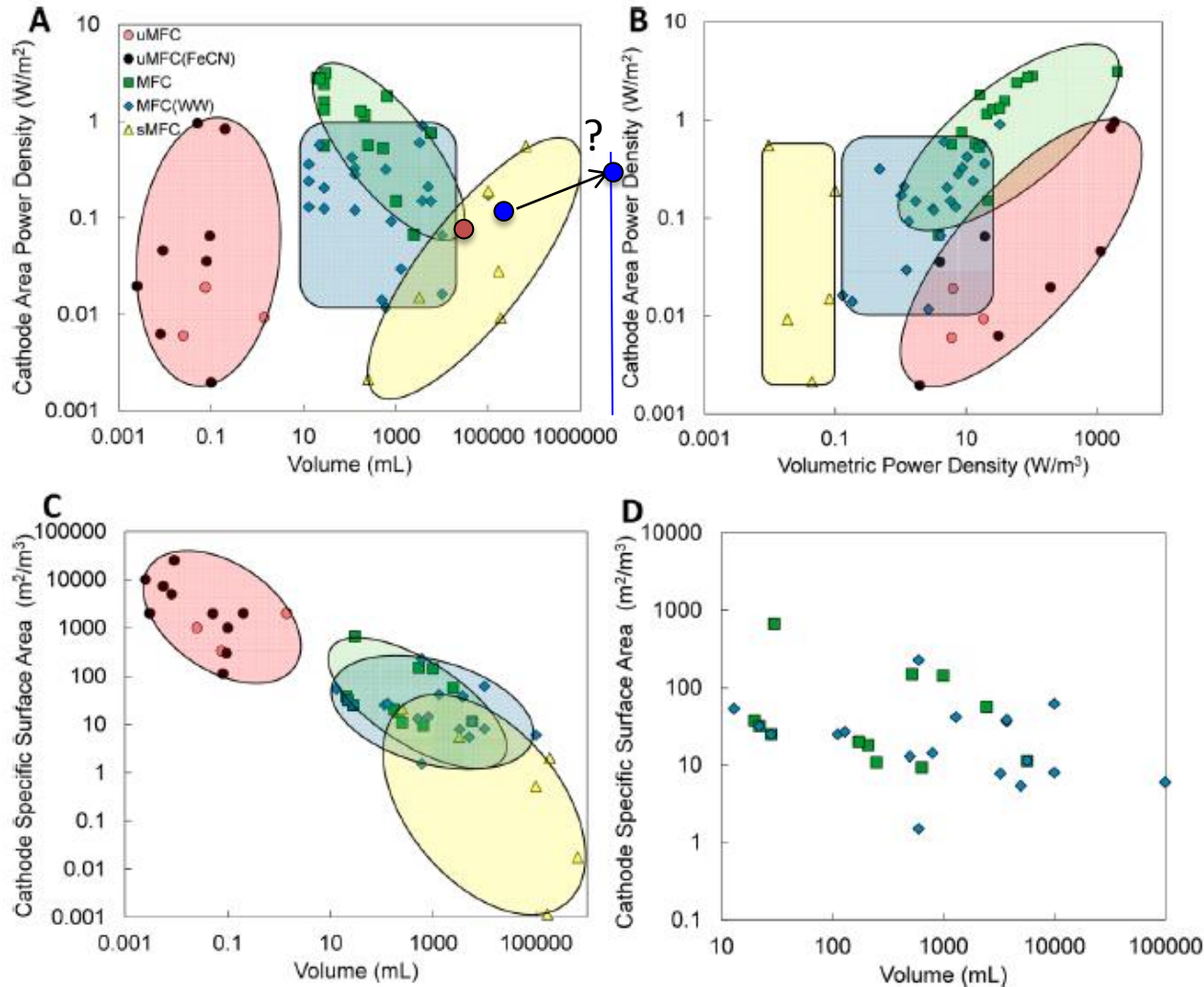
- kleine Systeme bis 100 kg BSB/d
- Luftkathode
- 1 m³ Volumen, approx. 3 m³/d



Small, distributed wastewater treatment plant:

- Flexible footprint **blends into neighborhood**
- **Just-in-time capex** for near-term capacity
- **Very energy-efficient** – low opex
- **No odour, quiet, neighborhood-friendly**
- **Local water reuse** avoids huge pipe capex





Deutsche Projekte im Bereich kommunales Abwasser

- Uni Bochum (80 mW/m^2 , 45 L)
- BioBZ (100-200 mW/m^2 , 140 L - ? mW/m^2 , 5.000 L)
- KEStro (gerade begonnen)

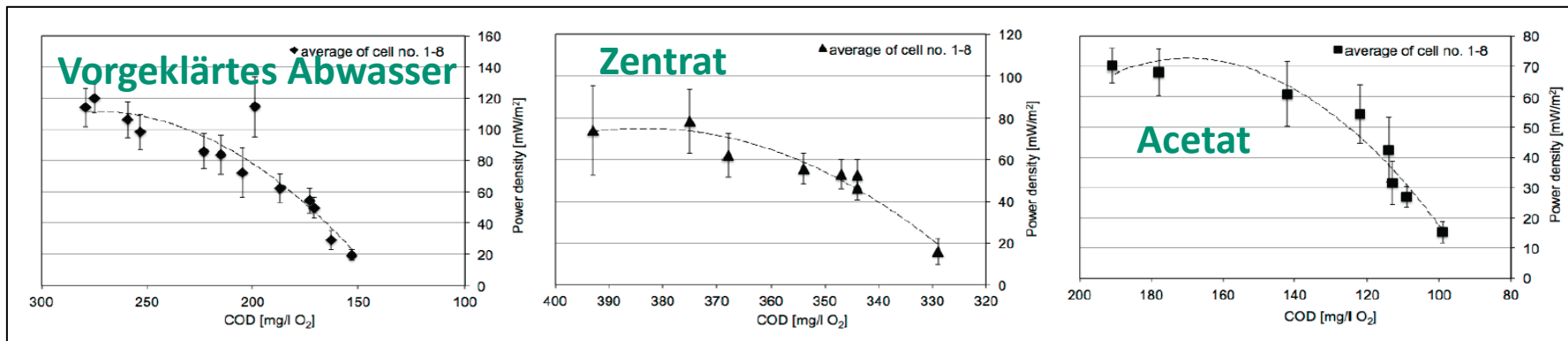
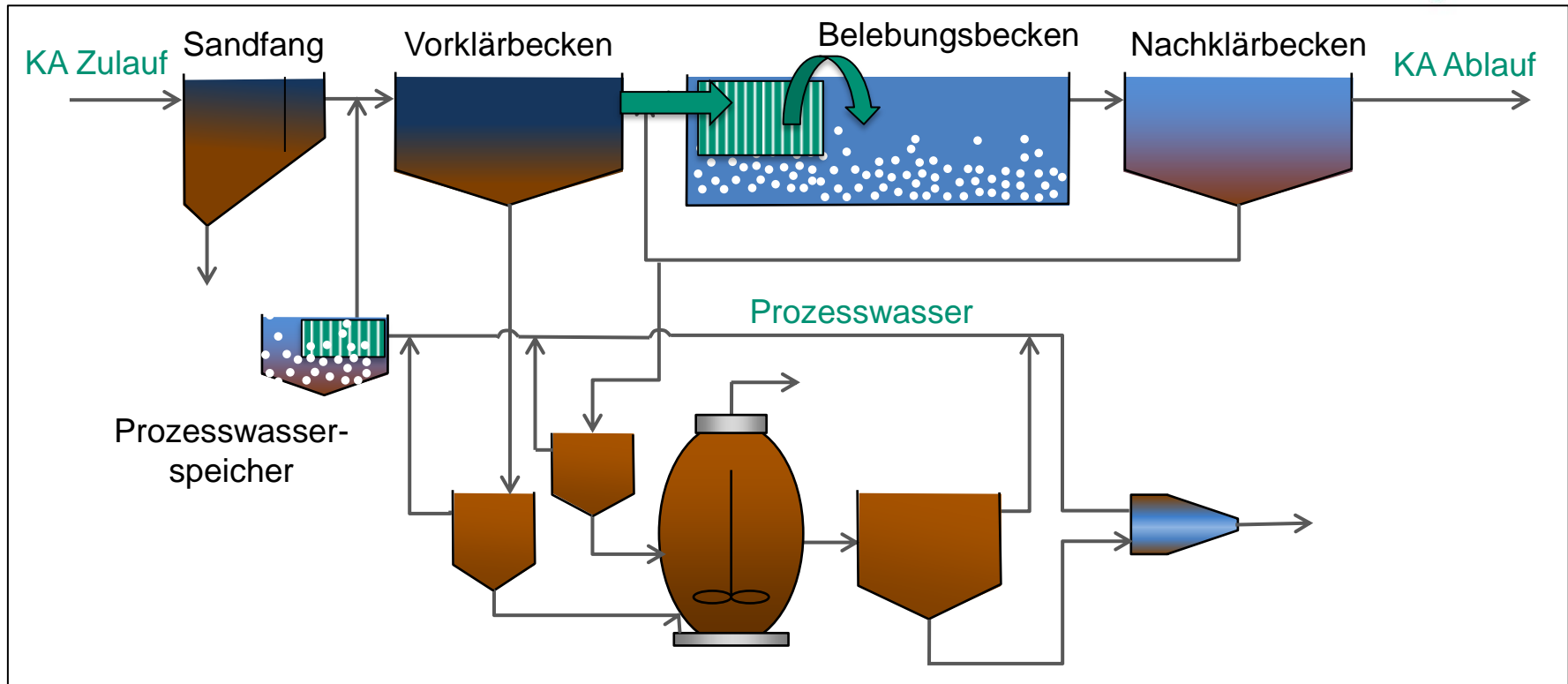
Größenklasse	Anzahl in D	Anteil Anlagen	Anteil behandeltes Abwasser
unter 1.000	4153	43,1 %	1,1 %
1.000 – 5.000	2387	24,8 %	5,3 %
5.000 – 10.000	864	9,0 %	5,1 %
10.000 – 50.000	1657	17,2 %	27,4 %
50.000 – 100.000	315	3,3 %	13,8 %
100.000 und mehr	256	2,7 %	47,3 %

Tabelle lt. Schneichel, 2016



Rheinland-Pfalz
MINISTERIUM FÜR UMWELT,
ENERGIE, ERNÄHRUNG
UND FORSTEN

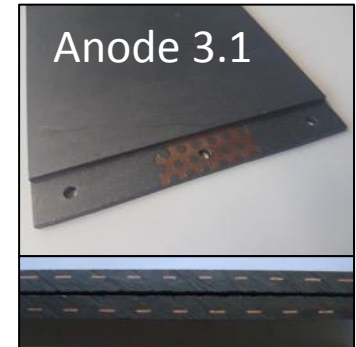
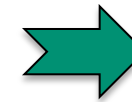
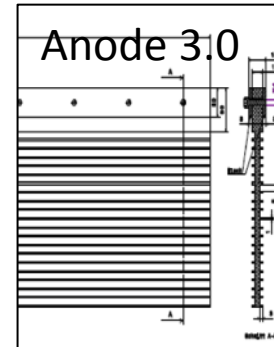
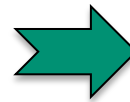
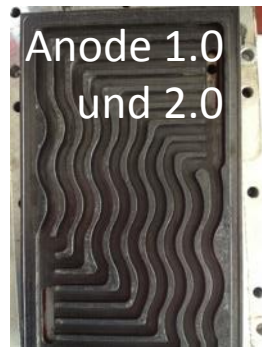
1 EW = ca. 150 L/d (mit Regenwasser ca. 250 L/d)
ca. 110 bis 120 gCSB/d (= ca. 60 gBSB₅/d)



Entwicklungen aus BioBZ für skalierbare Systeme

Anode

Graphit-Kunststoff-
Compound-Platten



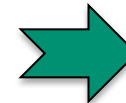
Membran

Cellophan –
Omas Einmachfolie

kommerzielle:

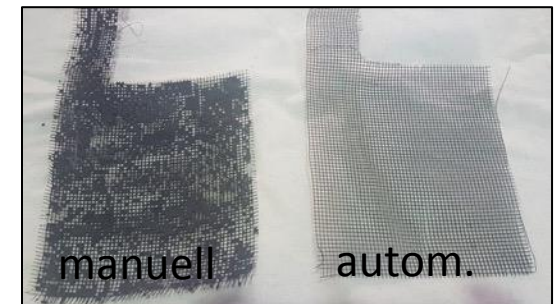
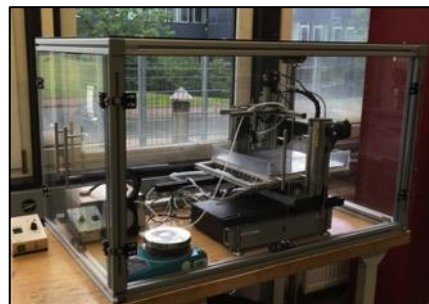
Nafion, Fumasep,
Cellguard, Mega-
Ralex, etc.

Kosten !

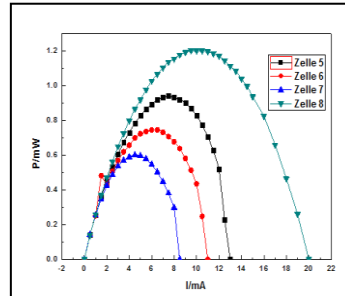


Kathode

Edelstahlgewebe -
graphitbeschichtet



Stackverhalten
Einzelzellschaltung



Erkenntnis
Einzelzell-
schaltung,
Steuerung

Zusatzentwicklung
Steuermodul
DC/DC Wandler
Stromspeicher

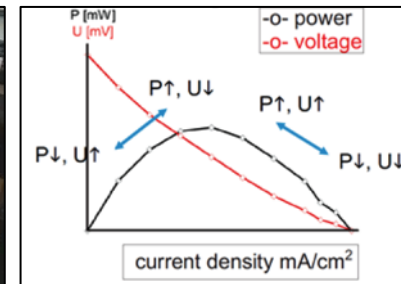
Steuerung
Konstantstromquelle,
Regelungsstrategie
für max. Leistung



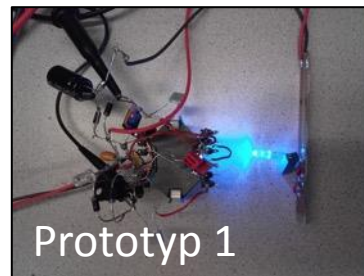
Prototyp 2



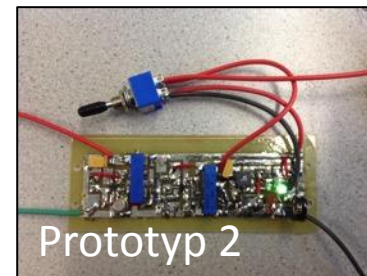
Miniserie (4x28 Stk)



DC/DC-Wandler
Selbstanlaufender
Wandler mit Speicher



Prototyp 1

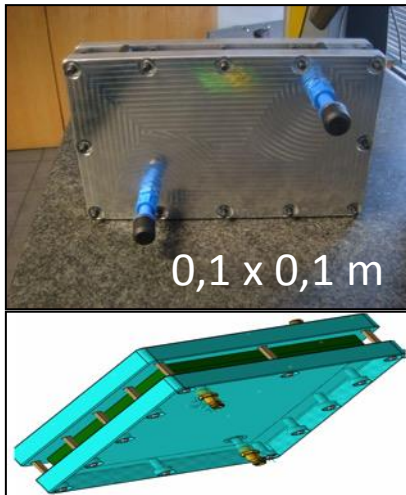
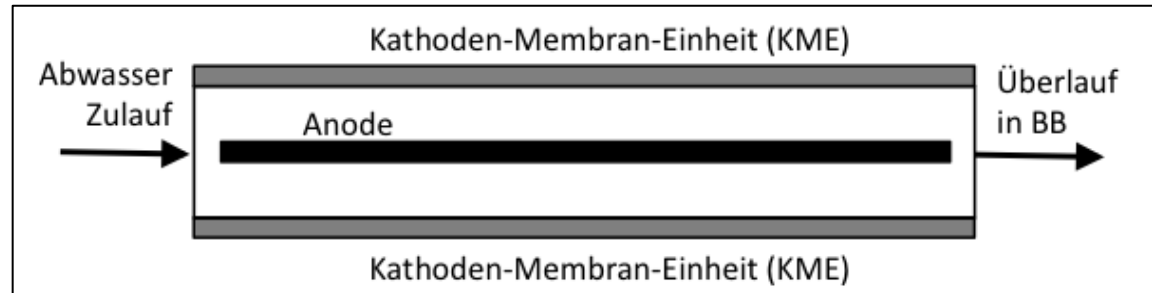


Prototyp 2

Prototyp 3
aktuell in
Miniseries-
produktion

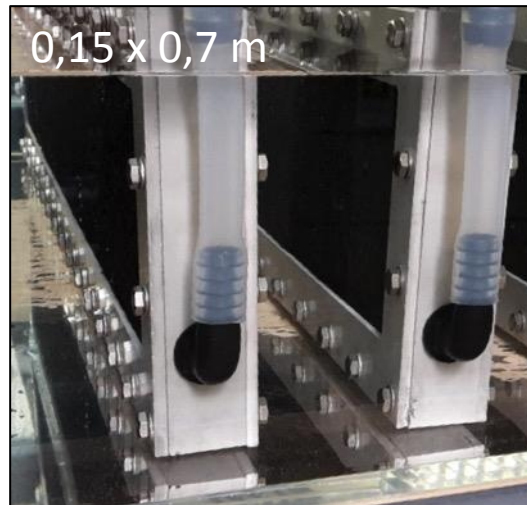
Scale-up

Tauchzelle in Modulbauweise

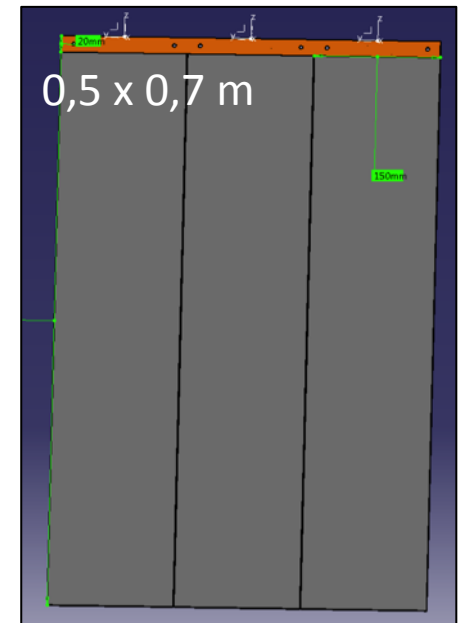


0,1 x 0,1 m

Durchflusszellen



Tauchmodul



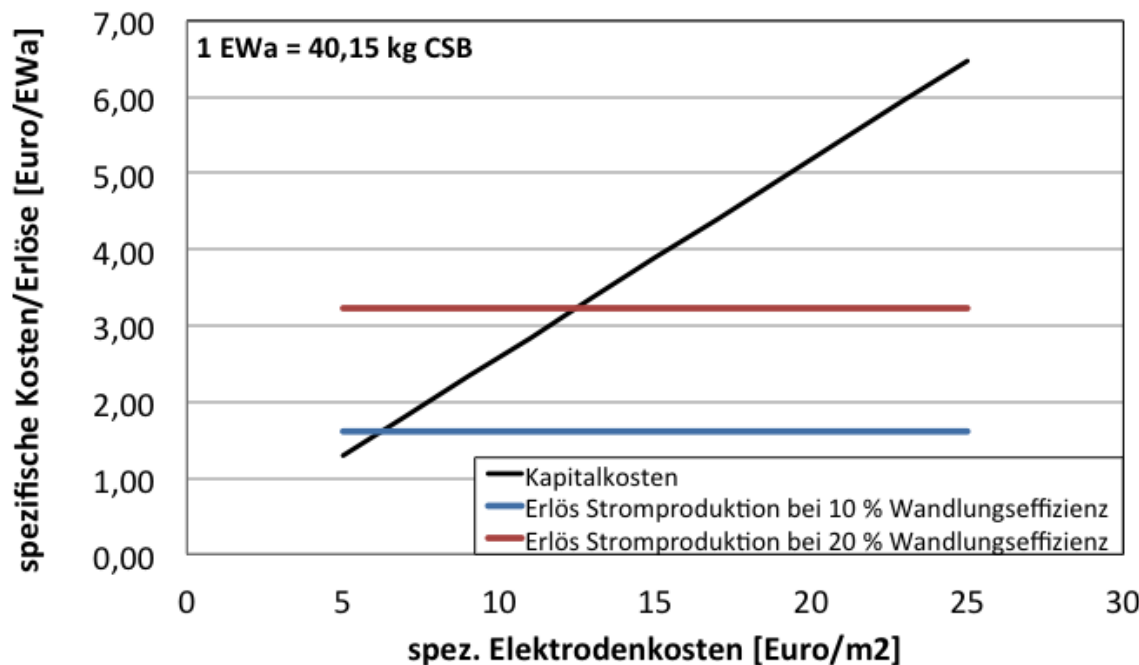
Proof-of-Concept-Modul

- Deckschichtkontrolle (Verstopfung, Stofftransport)
- Mögliche Katalysatorvergiftungen an der Kathode ausschließen („im Abwasser ist alles enthalten“)
- Betriebsvorschriften für schwankende Abwassercharakteristika entwickeln
- Mikroschadstoffabbau im Demo-Maßstab bestätigen
- Herstellkosten durch preiswerte Materialien (z.B. Graphit, Folien) und minimierten Materialverbrauch optimieren (Zielgröße ca. 50 Euro/m² bei aktuell niedrigen Leistungsdichten)

Invest.-kosten können analog zur Membrantechnik abgeschätzt werden wegen Elektroden inkl. Verkabelung und Wandlung als Hauptkostenfaktor:

$$K_{\text{invest}} = K_{\text{fix}} + K_{\text{elektroden}} = K_{\text{fix}} + k_{\text{elektrode}} \cdot A_{\text{elektroden}}$$

Abgeschätzt: $K_{\text{elektroden}}/K_{\text{invest}} = 0,5 \dots 0,8$



Daraus jährliche Kapitalkosten

$$K_{\text{invest}} = 2 \cdot K_{\text{elektroden}} \text{ (angenommen)}$$

$$K_j = r \cdot K_{\text{invest}} \text{ (jährliche Kapitalkosten)}$$

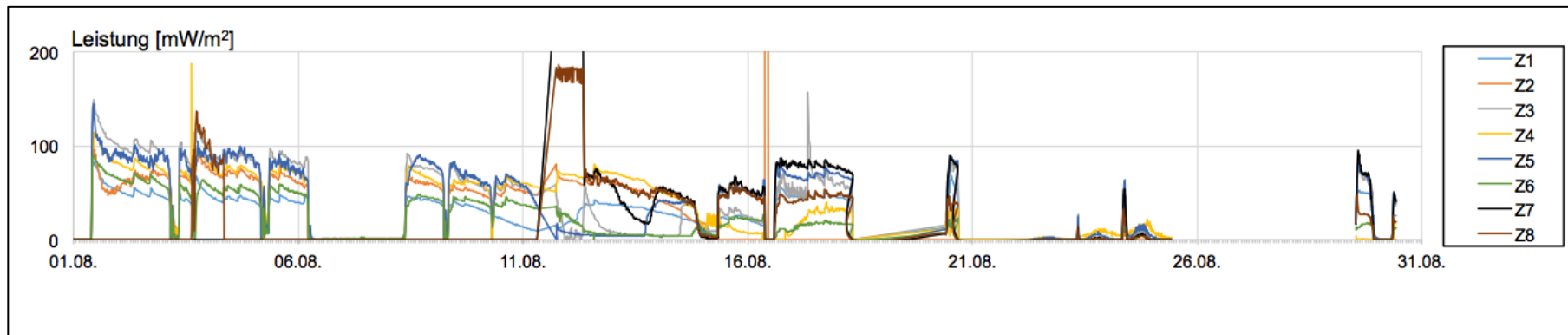
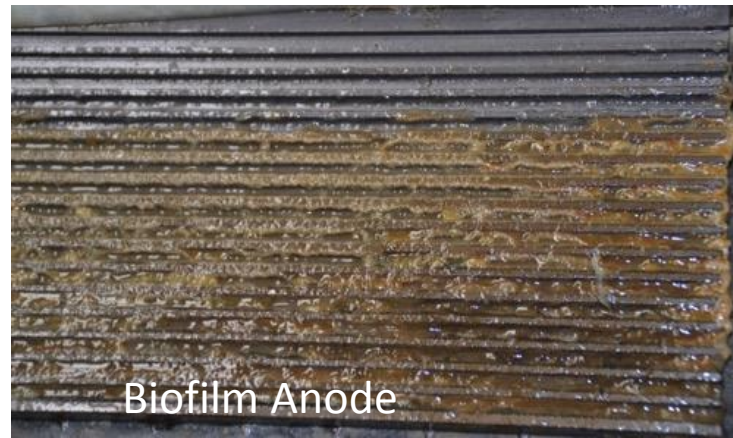
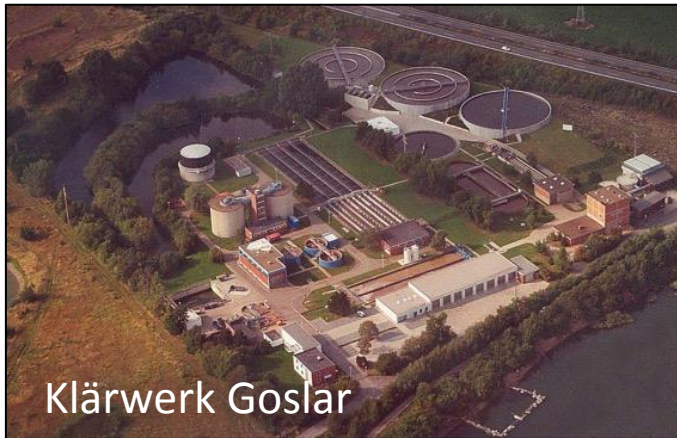
$$r = q^n \cdot (q - 1) / q^n - 1$$

mit $q = 1+z$

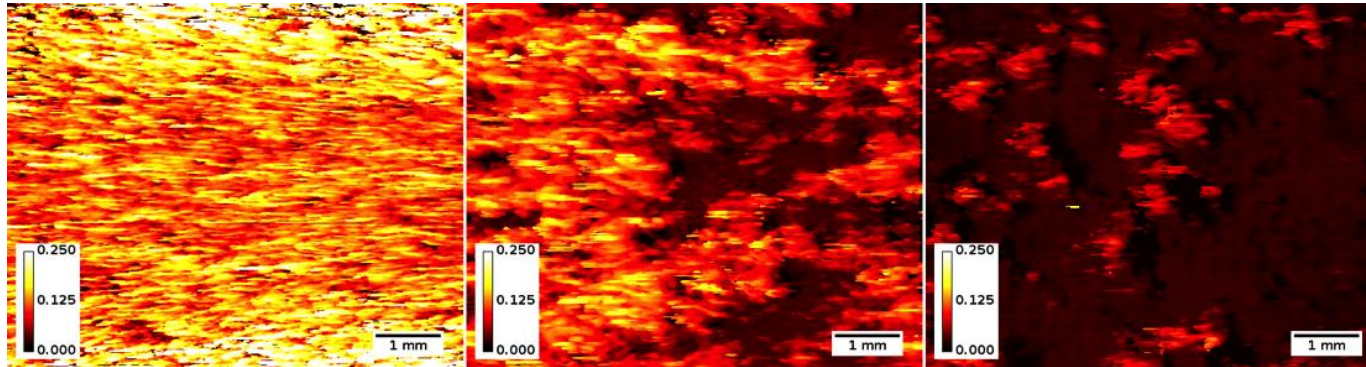
(z-Zinssatz, n-Abschreibungszeitraum)

Langzeitverhalten und Konzepte für verschiedene GK

➤ Energieeffizienz, CSB-Abbau, Stickstoffelimination ?



➤ Biofilmstruktur ↔ Leistung : Mindestüberströmgeschwindigkeit ?



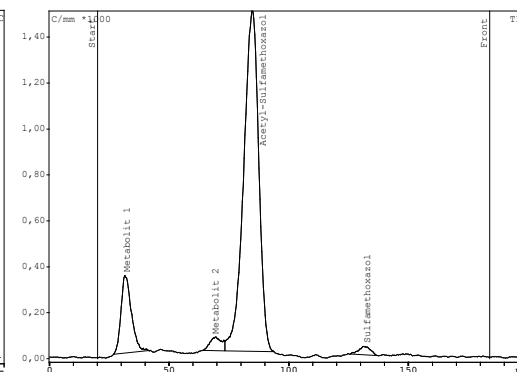
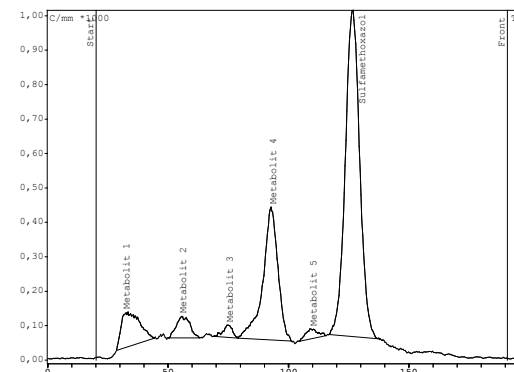
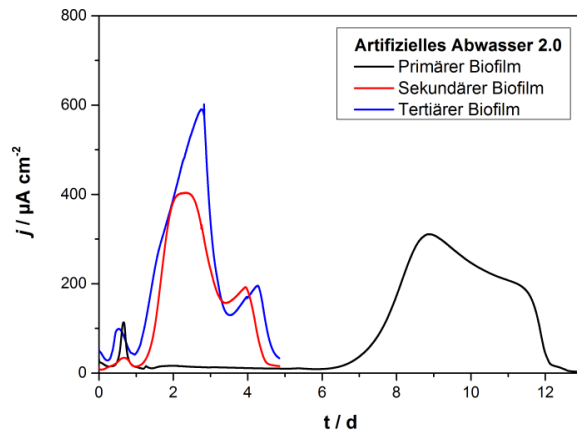
V= 7 cm/s, dichter Biofilm

4 cm/s

1 cm/s, lockerer Biofilm

➤ Vorkonditionierte Biofilme :

Leistungssteigerung übertragbar? Mikroschadstoffabbau auch?



An:

- D. Haupt, Th. Muddemann, M. Niedermeiser, O. Schläfer, H. Bormann, G. Böhmert, Steinhäuser, M. Kratz
- U. Kunz, B. Jiang
- Arbeitsgruppen U. Schröder und R. Kreuzig
- Arbeitsgruppe H. Horn
- Projektteams Remondis (N. Sickora) / Eurawasser (J. Hinke)

und

BMBF (WTER0219813)



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



PTKA
Projektträger Karlsruhe
im Karlsruher Institut für Technologie