

Med-zeroSolvent

Neue Wege im **medizintechnischen** Wassermanagement

Etablierung innovativer Methoden für die abwasserfreie Produktion durch energieeffiziente Behandlung von stark belasteten Prozesswässern aus der Membranherstellung

Peter Krebs und Thomas Schalk, TU Dresden, Institut für Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft

BMBF-Fördermaßnahme „Wassertechnologien: Wiederverwendung“
Statuskonferenz

DECHEMA, 7. / 8. Februar 2023

GEFÖRDERT VOM

Einführung

Hauptziel

Wasserwiederverwendung bei der Produktion von Dialysatoren



Dialysator - Foto: B. Braun (www.bbraun.de/de/products/b60/xevonta.html)

Ausgangslage

Charakteristische Abwasserinhaltsstoffe



Einführung

Grundlagenermittlung

Abwasserbeschaffenheit, Frachten, ...
Abwärmekonzept

Methodenentwicklung

Chemische und ökotoxikologische Analyse
und Bewertung
Onlinemethoden

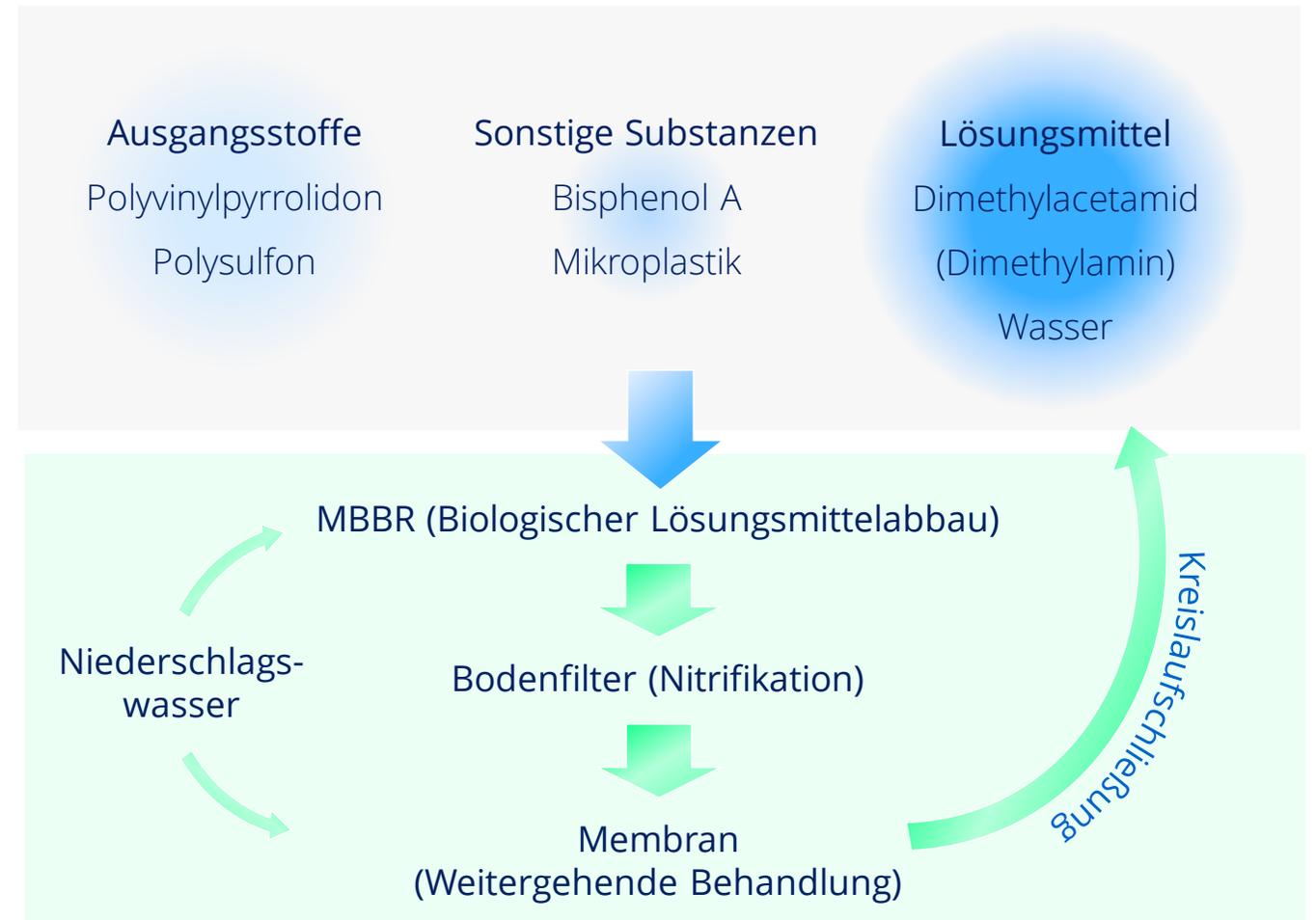
Verfahrensentwicklung

Laborversuche
Entwicklung Pilotanlage, Digitalisierung
Pilotversuche

Verfahrensbewertung

Lösung

Charakteristische Abwasserinhaltsstoffe



Methodenentwicklung

Chemische Analytik

BRAUN
SHARING EXPERTISE

CLP LABORATORIEN
DR. FREITAG GMBH

Einzelparameter

Dimethylacetamid (HPLC)

Dimethylamin (IC)

Bisphenol A (HPLC)

N-Methylpyrrolidon (HPLC)

Summenparameter

Mikroplastik

Online-Messmethoden

Dimethylacetamid (UV/Vis-Spektrometer)

Biotests


Institut für
Hydrobiologie

Non-Target-Tests

ROS-Test (Oxidativer Stress)

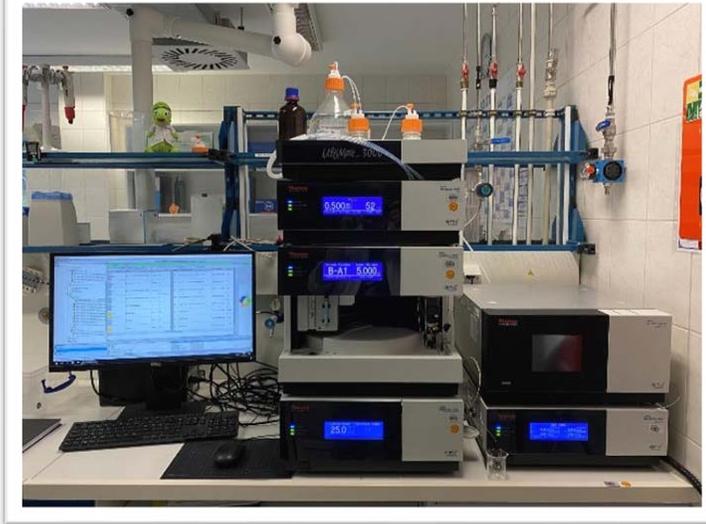
AMES-Test (Mutagenes Potential)

Mikrokern-Test (Gentoxisches Potential)

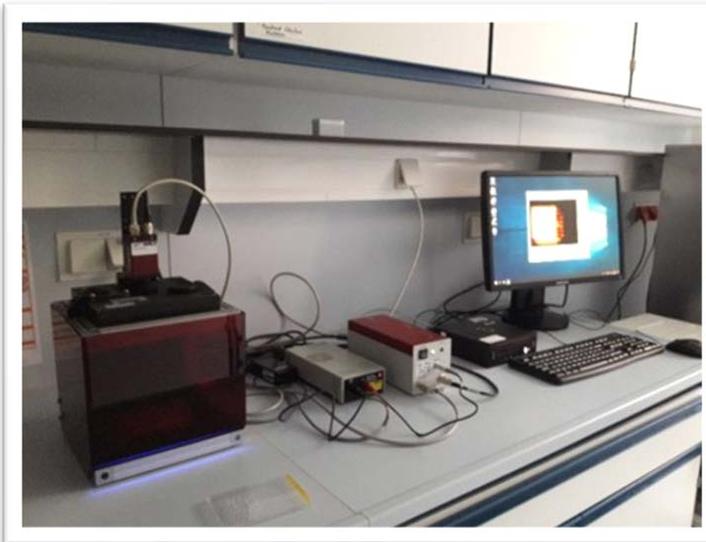
Kombinierter Algentest (Wachstumshemmung)

A-YBS-Test (Östrogenes Potential z.B. von BPA)

Daphnientoxizität



HPLC zur DMAc-Bestimmung



Kombinierter Algentest

Biologischer Lösungsmittelabbau

Aerobe Biofilmverfahren

Zweistufiger Vertikalfilter (VF)

Korngrößenauswahl
Eliminationsleistung (TOC, N)
Maximale Belastung



Vertikalfilteranlage

Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)

Einfluss der Verweilzeit
Eliminationsleistung (TOC, N)
Maximale Belastung



MBBR-Versuchsanlage

Anaerobe Verfahren

Batchtests

Biogaspotenzial
Eliminationsleistung (TOC)



Anaerober Batchtest

Kontinuierliche Versuche

Methanproduktion
Raumbelastung
Eliminationsleistung (TOC)



Kontinuierlicher Anaerobversuch

Biologischer Lösungsmittelabbau

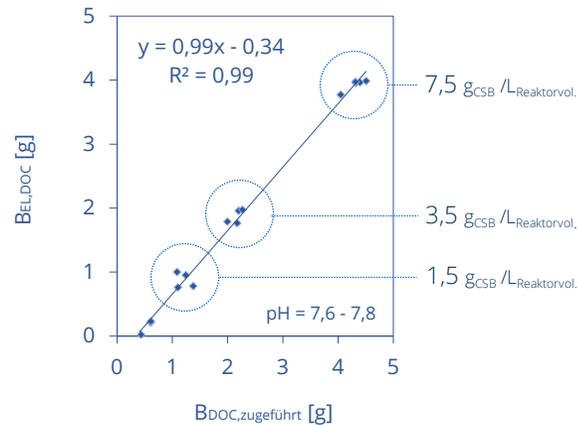
Anaerobe Verfahren

Batchtests

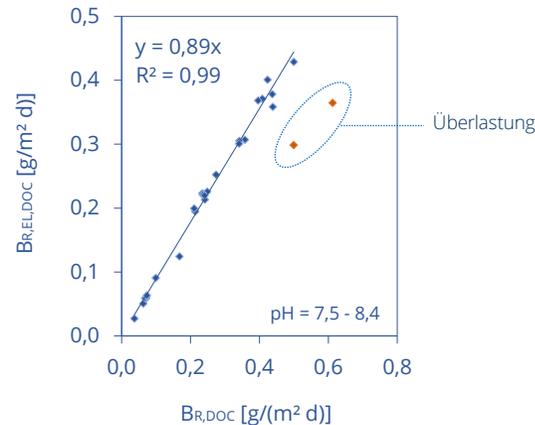
$B_{R,CSB(DMAC)}$	1,5 – 7,5 kg/m ³
HRT	70 d
$C_{CSB(DMAC)}$	1,5 – 7,5 g/L (Reaktor, t = 0)
C_{DMAC}	0,8 – 4,1 (Reaktor, t = 0)

Kontinuierliche Versuche

$B_{R,CSB(DMAC)}$	0,1 – 1,5 kg/(m ³ d)
HRT	25 d
$C_{CSB(DMAC)}$	2,7 – 38 g/L (Zulauf)
C_{DMAC}	1,5 – 20 g/L (Zulauf)



Wirkungsgrad anaerober Batchtest



Wirkungsgrad kontinuierlicher Anaerobversuch

Batchtests

- Beginn Gasentwicklung nach 20 d
- Vollständiger DMAc-Abbau

Kontinuierliche Versuche

- Vollständiger DMAc-Abbau bis 1 kg CSB/(m³ d)
- 9 Wochen Einfahrbetrieb (Start: 0,1 kg CSB/(m³ d))
- NH₄-N-Anreicherung: 2,1 - 2,3 g NH₄-N/L
- NH₃-Konzentrationen von bis zu 420 mg/L (ohne Hemmwirkung)
- Bei Überlast Anreicherung von Essigsäure (rd. 1 g/L)

$DOC_{Batchtest} = 142 - 249 \text{ mg/L}$ (inkl. DOC, Impfschlamm)

$DOC_{kont.Versuche} = 50 - 450 \text{ mg/L}$ (belastungsabhängig, ohne Störungen)

➡ Nachweis anaerober Abbau

➡ Optimierung Prozessbedingungen (HRT)

Biologischer Lösungsmittelabbau

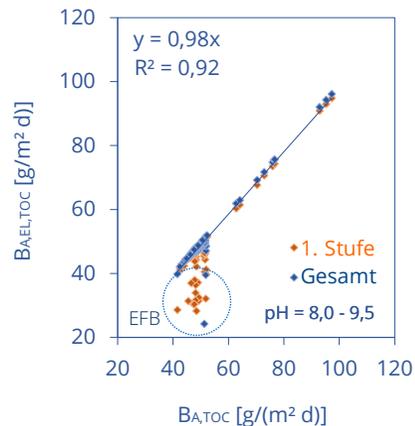
Aerobe Biofilmverfahren

Zweistufiger Vertikalfilter (VF)

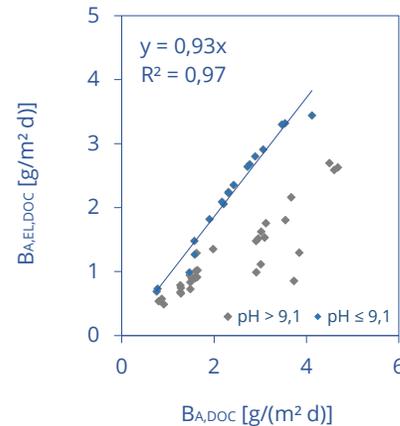
Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)

$B_{A,CSB(DMAC)}$	160 – 320 g/(m ² d)	2,5 – 15,6 g/(m ² d)
$B_{R,CSB}$	-	0,6 – 3,6 kg/(m ³ d)
HRT	1. Stufe: $Q_{50\%} = 6$ min / $Q_{75\%} = 9$ min 2. Stufe: $Q_{50\%} = 11$ min / $Q_{75\%} = 13$ min	36 – 72 h
$C_{CSB-DMAC}$	1,5 – 15 g/L (Zulauf)	1,7 – 11 g/L (Zulauf)
C_{DMAC}	0,9 – 7,9 g/L (Zulauf)	1,0 – 5,7 g/L (Zulauf)

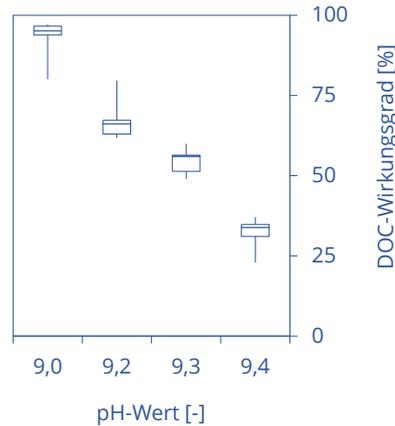
- Vollständiger DMAc-Abbau ist möglich
- pH-Wert-Anstieg auf 8,0 – 9,6
- In MBBR Abbauhemmung ab pH > 9,1
- Vertikalfilter waren stabiler als MBBR
- Vollständiger DMAc-Abbau und vollständige stabile Nitrifikation in VF nachgewiesen
- Animpfung von Vertikalfiltern ist nicht erforderlich



Wirkungsgrad zweistufiger Vertikalfilter



Wirkungsgrad MBBR



pH-Einfluss auf den Abbau

$DOC_{VF} = 4 - 30$ mg/L

$DOC_{MBBR} = 20 - 30$ mg/L (unter optimalen Bedingungen)

➡ Nachweis aerober Abbau

➡ Optimierung Prozessbedingungen MBBR

Ausblick

Weitergehende Behandlung **MeSep**

Tests verschiedener Membranen mit einer Prüfzelle
Entwicklung Modul für Pilotanlage

Pilotanlage **DAS** **wasserWerkstatt** **ILK Dresden** **TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN**

Test der Anlagenkomponenten im Verbund
Inbetriebnahme im Frühjahr 2023

Poster

Chemische Analytik / Biotests
Biologischer Lösungsmittelabbau
Digitalisierung/Steuerung



Pilotanlage im November 2022

Vielen Dank

an das BMBF für die Förderung

an alle am Projekt Beteiligten

und an Sie für Ihre Aufmerksamkeit