

Naturnahe Verfahren zur biologischen Lösungsmittelbehandlung

Thomas Schalk¹, Anja Rollberg², Sara Schubert³, Christian Koch¹, Dirk Freitag-Stechl⁴, Peter Krebs¹

¹ Technische Universität Dresden, Institut für Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft

² B. Braun Avitum Saxonia GmbH, Radeberg

³ Technische Universität Dresden, Institut für Hydrobiologie; Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, Institut für Klinische Pharmakologie

⁴ CUP Laboratorien Dr. Freitag GmbH, Radeberg

15. Aachener Tagung Wassertechnologie, 25./26. Oktober 2023

GEFÖRDERT VOM

Problemstellung

Hauptziel

Biologische Behandlung des bei der Produktion von Dialysatoren anfallenden Abwassers als Vorstufe zur Abwasserwiederverwendung

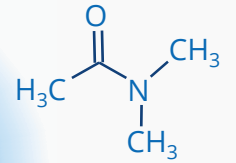


Dialysator - Foto: B. Braun (www.bbraun.de/de/products/b60/xevonta.html)

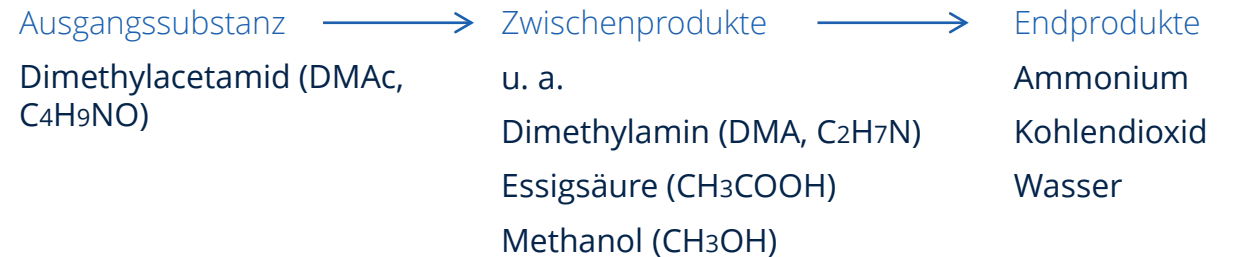
Charakteristische Abwasserinhaltsstoffe

Ausgangsstoffe
Polyvinylpyrrolidon
Polysulfon

Lösungsmittel
Dimethylacetamid
(Dimethylamin)
Wasser



DMAc-Abbau



Verfahren



Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) (Technisches Verfahren, Labormaßstab)



Zweistufiger Vertikalfilter (Naturnahes Verfahren, Labormaßstab)

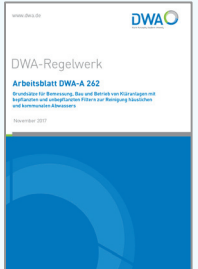
- Diskontinuierliche Beschickung (4 - 6 x pro Tag)
- Bemessungsrelevant: Flächenbelastung, Hydraulische Belastung

Vorteile

- Geringer Wartungsaufwand
- Geringer Energiebedarf durch natürliche Belüftung
- Hohes Puffervermögen

Nachteil

- Flächenbedarf

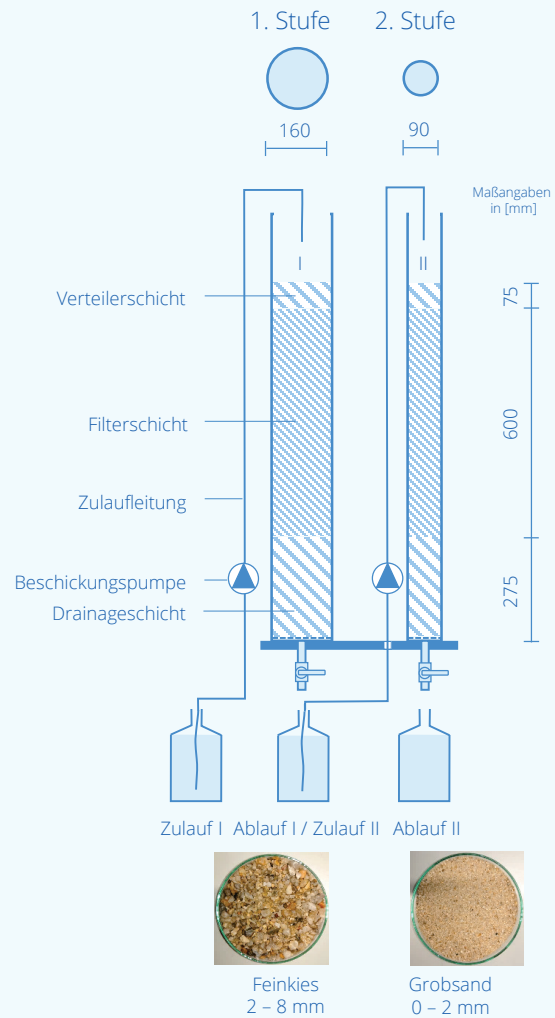


DWA-A 262



MBBR + zweistufiger Vertikalfilter (Kombiniertes Verfahren, Pilotmaßstab)

Versuchsaufbau



1. Stufe

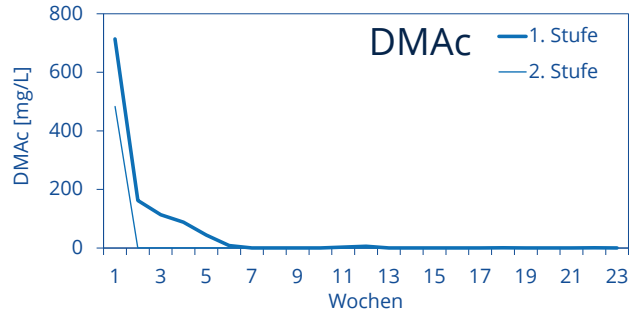
4 x Beschickung pro Tag (2 min/Ereignis)
HRT: 6 – 9 min ($Q_{50\%-75\%}$ bei 80 L/(m² d))

2. Stufe

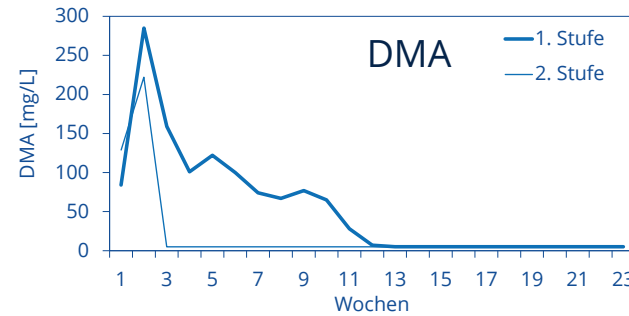
2 x Beschickung pro Tag (2 min/Ereignis)
HRT: 11 – 13 min ($Q_{50\%-75\%}$ bei 80 L/(m² d))

Ergebnisse · DMAc-Abbau

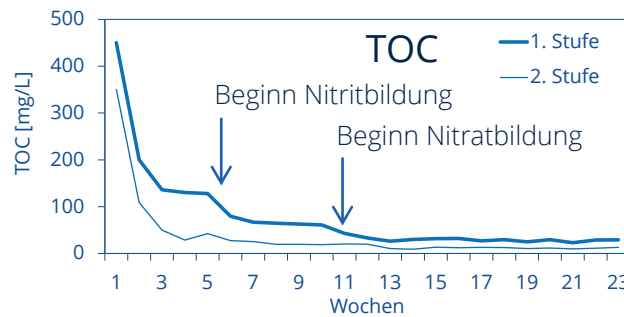
Ablaufkonzentrationen



$C_{DMAc,Zu} = 1,1 - 2,1 \text{ g/L}$
Nachweisgrenze: 0,1 mg/L



$C_{DMA,Zu} = 0 \text{ g/L}$
Nachweisgrenze: 5,0 mg/L



$C_{TOC,Zu} = 0,62 - 1,2 \text{ g/L}$

Betriebsbedingungen

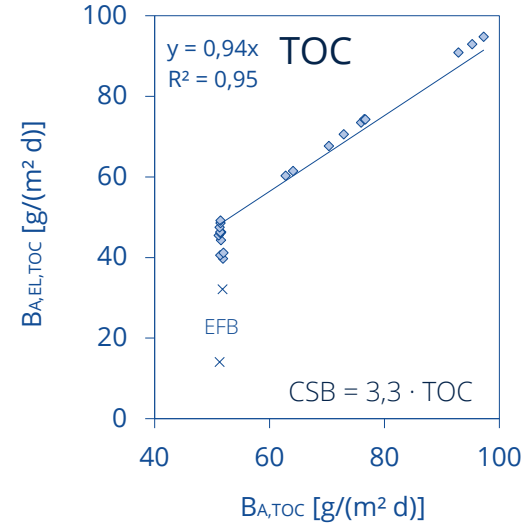
$C_{CSB,Zu} = 2,1 - 3,9 \text{ g/L}$, $Q_A = 80 \text{ L/(m}^2 \text{ d)}$, $B_{A,CSB} = 160 - 320 \text{ g/(m}^2 \text{ d)}$

Fazit

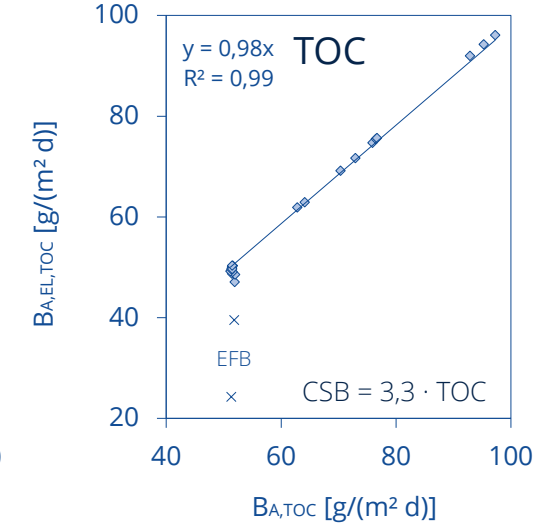
Gesamtwirkungsgrad ab 3. Woche bei > 90 %, Anstieg auf bis > 99 %

Wirkungsgrad der 1. Stufe steigt auf > 97 %, Voraussetzung: Nitrifikation

Wirkungsgrad 1. Stufe

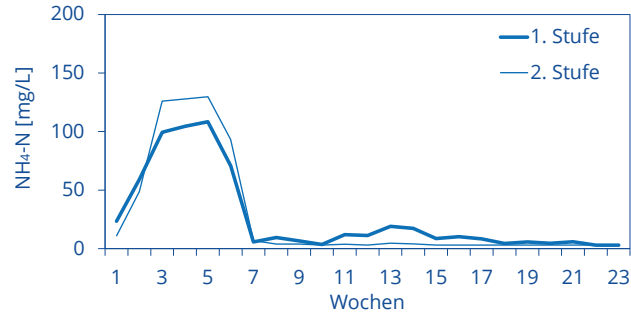


Gesamtwirkungsgrad



Ergebnisse · Stickstoffelimination

Ablaufkonzentrationen



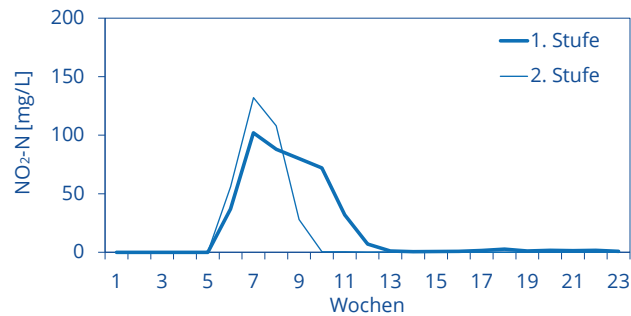
NH₄-N

Flächenbelastung

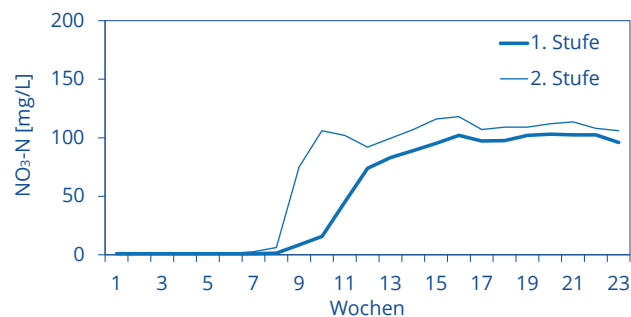
BA,TKN = 15 – 27 g/(m² d)

Zulaufkonzentrationen

CTKN,Zu = 0,18 – 0,34 g/L



NO₂-N



NO₃-N

Fazit

Vollständige Nitrifikation

Keine Nitrifikationshemmung (Betrieb ohne pH-Wert-Regulierung, pH = 7,6 – 9,5, i. M. 8,5)

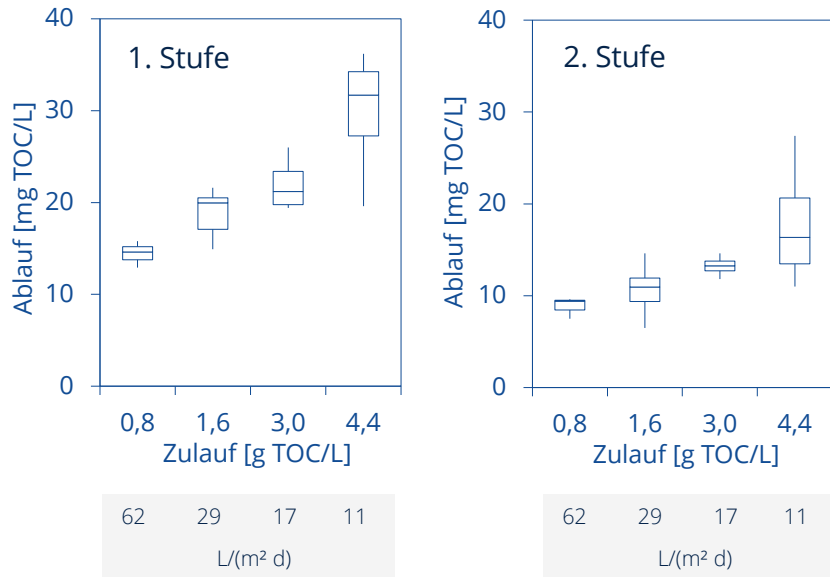
Denitrifikationsleistung abhängig von der Zulaufbelastung (9 – 54 %)

Anoxische Verhältnisse in 1. Stufe

Einfahrbetrieb etwa 10 Wochen, davon 4 Wochen mit hoher Nitritanreicherung

Ergebnisse · Auswirkungen hoher Zulaufkonzentrationen (reales Abwasser)

TOC-Ablaufkonzentrationen



Flächenbelastung

BA,CSB ~ 160 g/(m² d)

BA,TKN = 15 g/(m² d)

Hydraulische Belastung

QA = 11 – 80 L/(m² d)

Zulaufkonzentrationen

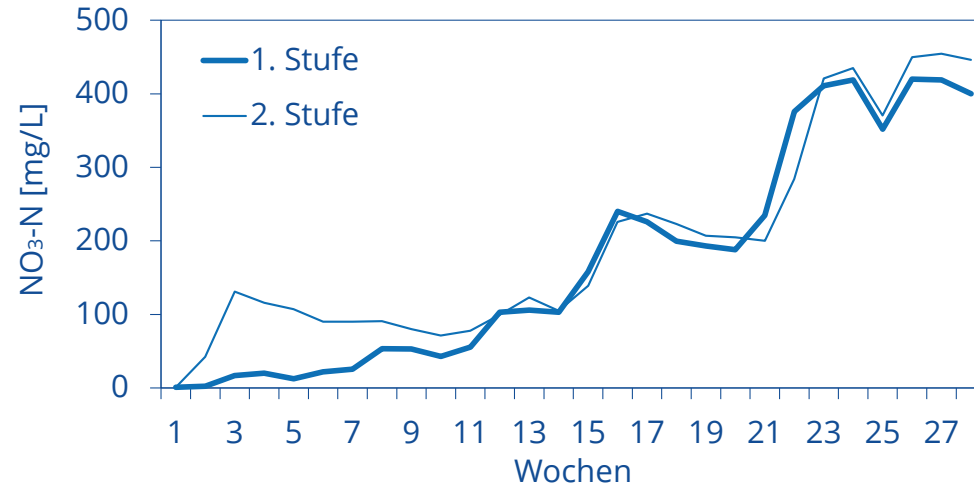
Ccsb ~ 1,9 – 14,8 g/L

CTOC = 0,6 – 4,4 g/L

CDMAc = 0,9 – 7,9 g/L

CTKN = 0,2 – 1,3 g/L

Nitrat-Ablaufkonzentrationen



Fazit

Hohe Zulaufkonzentrationen sind ohne Wirkungsgradverlust behandelbar

Vollständige Nitrifikation

Ungleichmäßige Abwasserverteilung bei geringer hydraulischer Belastung

→ Lokale Überlastung

→ Rezirkulation von gereinigtem Abwasser für hydraulische Mindestbelastung sinnvoll

Zusammenfassung

Fazit

- ✓ Vollständiger DMAc-Abbau und vollständige Nitrifikation nachgewiesen
- ✓ Animpfung ist nicht erforderlich
- ✓ Anoxische Verhältnisse in 1. Stufe bei Hochlastbetrieb

Anforderungen

- ☐ Nitrifikation in der 1. Stufe für stabilen Betrieb
- ☐ Hydraulische Mindest-Belastung
- ☐ Dosierung von Mikronährstoffen, Phosphat und Hydrogencarbonat (Nitrifikation)

Offene Fragen

- ☐ Auswirkungen von Betriebspausen?
- ☐ Langzeitverhalten der Filtermaterialien (Kolmation)?
- ☐ Bemessungswert für 1. Stufe?
- ☐ Umgang mit Nitritanreicherung im Einfahrbetrieb?

Weiterführende Informationen (Ökotoxikologie etc.)

Schalk T., Schubert S., Rollberg A., Freitag-Stechl D., Schubert A., Elena A.X., Koch C., Krebs P. (2023). Degradation of dimethylacetamide from membrane production through constructed wetlands – pathways, ecotoxicological effects and consequences for chemical analysis. *Water* 15(8), 1463.
<https://doi.org/10.3390/w15081463>

Vielen Dank

an das BMBF für die Förderung
an alle am Projekt Beteiligten
und an Sie für Ihre Aufmerksamkeit