

Aerober und anaerober Abbau organischer Lösungsmittel

Verbundvorhaben **Med-zeroSolvent** · Neue Wege im medizintechnischen Wassermanagement – Etablierung innovativer Methoden für die abwasserfreie Produktion durch energieeffiziente Behandlung von stark belasteten Prozesswässern aus der Membranherstellung (Fkz: 02WV1566A)

Thomas Schalk¹, Christian Karpf², Peter Krebs¹

¹ Technische Universität Dresden, Institut für Siedlungs- und Industriewasserwirtschaft

² wasserWerkstatt - Ingenieurbüro für ökologische Wasserwirtschaft

Einführung

Dialysemembranen werden zum großen Teil aus synthetischen Polymeren hergestellt, bspw. aus Polysulfon (PSU) und Polyvinylpyrrolidon (PVP). Zur Membranbildung werden die Kunststoffe in einer Spinnlösung mit Hilfe eines organischen Lösungsmittels in Lösung gebracht. Häufig werden dabei N,N-Dimethylacetamid (DMAC) oder N-Methyl-2-pyrrolidon (NMP) genutzt.

Das eingesetzte Lösungsmittel wird im Herstellungsprozess nicht verbraucht, sondern im Anschluss daran durch Destillation zurückgewonnen. Es entstehen allerdings lösungsmittelhaltige Reste, die abhängig von ihrer Konzentration behandelt oder thermisch entsorgt werden müssen.

Da die thermische Entsorgung energieintensiv und teuer ist, sollte die zu entsorgende Menge auf ein Minimum begrenzt werden. Eine alternative Möglichkeit kann die biologische Behandlung der anfallenden Abwässer darstellen.

Im BMBF-Verbundvorhaben Med-zeroSolvent wurden seit April 2021 verschiedene Möglichkeiten zur Behandlung DMAC- und NMP-haltiger Lösungen untersucht. Dazu wurden Labor- und Pilotversuche sowie Untersuchungen in drei Werken der B. Braun Avitum Saxonia GmbH durchgeführt. Der Schwerpunkt lag dabei auf dem Werk Berggießhübel. Das Ziel der dort durchgeführten Prozessanalysen bestand u. a. in der Identifizierung behandlungsfähiger flüssiger Abfälle.

Zur Behandlung von Abwasser Im Konzentrationsbereich von < 1 % DMAC bzw. NMP wurden aerobe Biofilmverfahren (Moving Bed Biofilm Reactor, MBBR) und zweistufige Vertikalfilter eingesetzt. Für höher konzentrierte Lösungen wurden anaerobe Verfahren gewählt.

Ergebnisse

Aerober Abbau

DMAC und NMP sind mit aeroben Verfahren vollständig biologisch abbaubar. Die Lösungsmittel waren im gereinigten Abwasser nicht nachweisbar. Die Toxizität der Abbauprodukte wurde mit ökotoxikologischen Methoden bewertet. Es wurde nachgewiesen, dass im gereinigten Abwasser kein ökotoxikologisches Potenzial vorhanden ist.

Da der Abbau über verschiedene Zwischenprodukte erfolgt, ist eine Einzelstoffanalytik für die Bewertung des biologischen Abbaus allein nicht geeignet, insbesondere bei DMAC-haltigen Lösungen. Daher wurden zusätzlich TOC- und DOC-Konzentrationen bestimmt. Die mit aeroben Verfahren erreichten Wirkungsgrade liegen sowohl für DMAC als auch für NMP zwischen 95 und 99 % DOC (Abb. 1A – D).

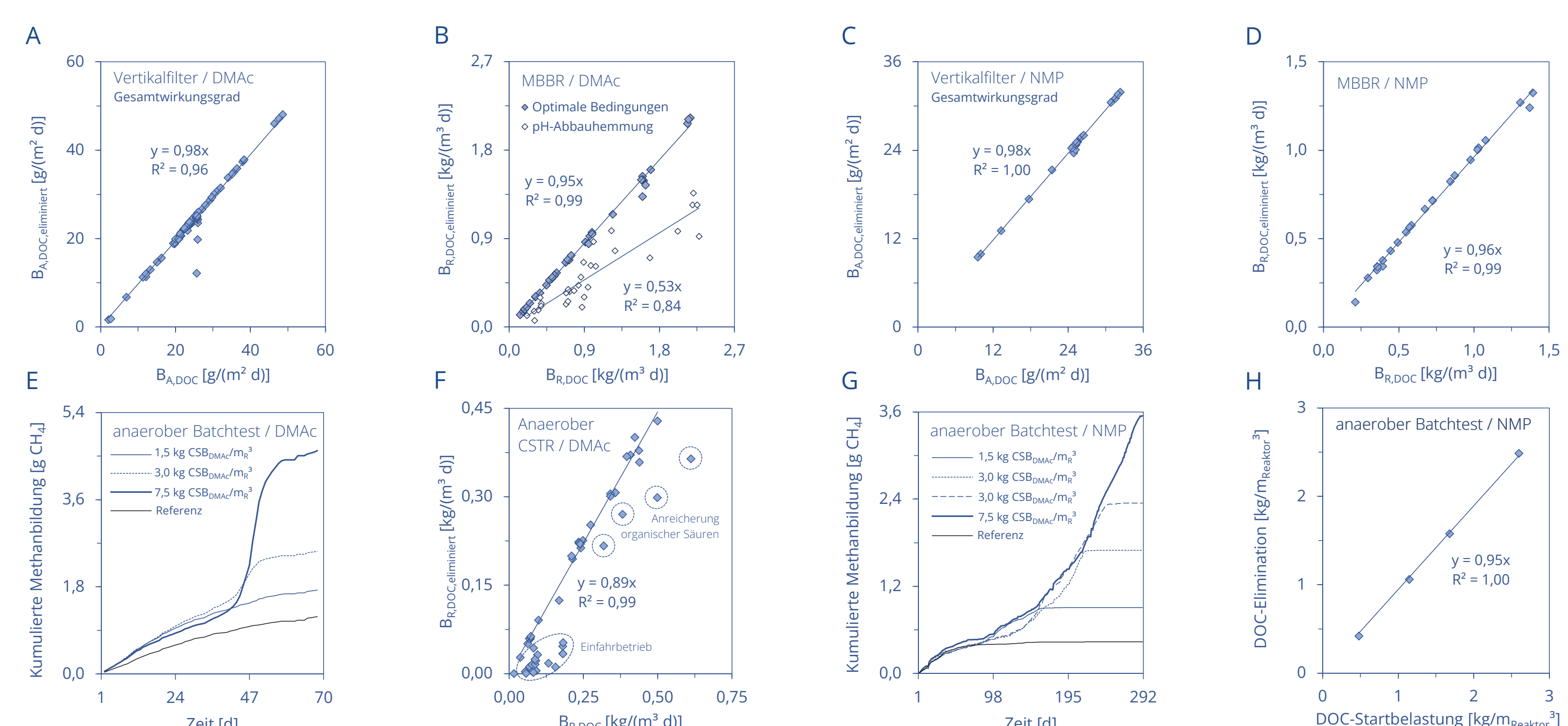


Abbildung 1: Ergebnisse der Laborversuche zum aeroben und anaeroben Abbau von DMAC und NMP: DOC-Wirkungsgrad beim aeroben Abbau von DMAC in Vertikalfiltern (A) und MBBR (B) sowie von NMP in Vertikalfiltern (C) und MBBR (D). Zeitlicher Verlauf des anaeroben Abbaus von DMAC und NMP in Batchtests, abhängig von der Startbelastung (E, G). DOC-Wirkungsgrad beim anaeroben Abbau von DMAC in kontinuierlich betriebenen Reaktoren (F) und von NMP in Batchtests (H).

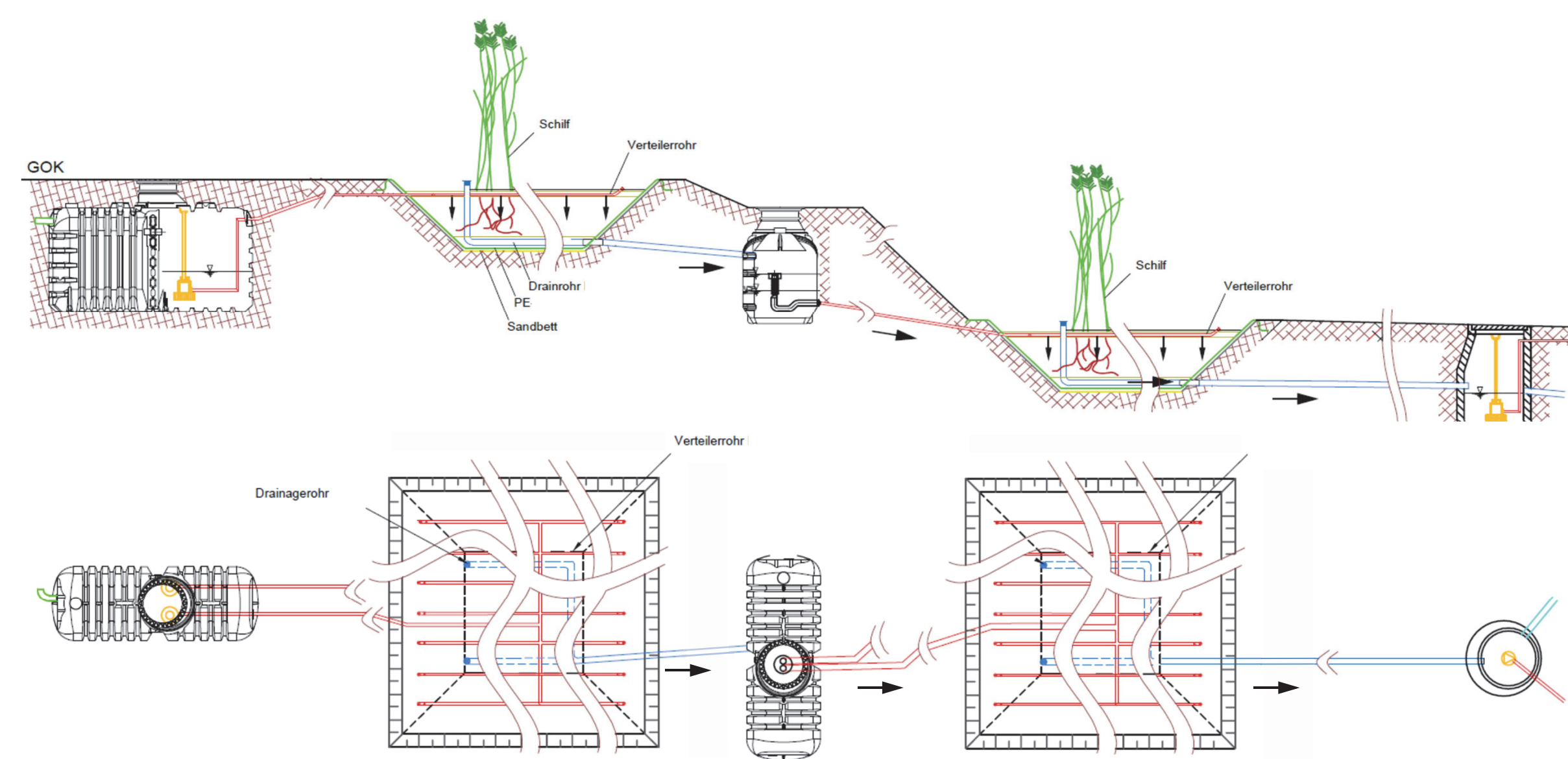


Abbildung 2: Vorplanung für einen zweistufigen Vertikalfilter für das Werk Berggießhübel

Zur Behandlung geringer Abwassermengen sind zweistufige Vertikalfilter geeignet. Diese haben zwar einen höheren Platzbedarf als MBBR, benötigen aber wenig Energie, da die Sauerstoffzufuhr nicht über technische Aggregate sichergestellt wird, sondern durch den natürlichen Luftaustausch. Für größere Abwassermengen können MBBR eingesetzt werden, da sie kompakter sind.

Zweistufige Vertikalfilter mit geeigneten Kiesel- und Sandmischungen können mit hohen Flächenbelastungen von > 160 g CSB/(m² d) betrieben werden und dabei den zugeführten Stickstoff vollständig nitrifizieren. Aufgrund des Feinkornanteils kommerzieller Sande ist in der Praxis eine geringere Dauerbelastung anzusetzen, die im Bereich des DWA-A 262 für zweistufige Vertikalfilter liegen sollte. MBBR sollten ebenfalls zweistufig konzipiert werden. Die 1. Stufe kann auf eine Raumbelastung von 7 kg CSB/(m³ d) und eine Verweilzeit von 24 – 36 h bemessen werden.

Anaerober Abbau

Unter anaeroben Bedingungen ist DMAC gut abbaubar. Der Abbau von NMP dauert dagegen wesentlich länger (Abb. 1E, G) und setzt erst ein, wenn leichter abbaubare Substanzen aus dem Impfschlamm nicht mehr verfügbar sind.

In durchgeführten Batchtests wurden DOC-Wirkungsgrade von 99 % für DMAC und 95 % für NMP erreicht (Abb. 1H). Beim DMAC-Abbau in kontinuierlich betriebenen Reaktoren (HRT = 25 d) war der Wirkungsgrad mit i. M. 89 % DOC etwas geringer (Abb. 1F). Für DMAC bietet sich die Möglichkeit, einen Teil der bisher thermisch entsorgten Konzentrate zur Biogasgewinnung zu nutzen, bspw. durch Co-Vergärung. Voraussetzung dafür ist die Entwicklung einer geeigneten Dosierstation.

Ausblick

Ausgehend von den Ergebnissen der Laborversuche, den Prozessanalysen und dem Betrieb einer Pilotanlage wurden Bemessungswerte für eine Abwasserbehandlungsanlage für das Werk Berggießhübel ermittelt und eine Vorplanung erstellt (Abb. 2). Diese dient als Grundlage für eine im Jahr 2025 erwartete Entscheidung über die Realisierung einer großtechnischen Anlage.

Kontakt:
Dr.-Ing. T. Schalk
Institut für Siedlungs- und Industriewasserwirtschaft
Email: thomas.schalk@tu-dresden.de
Tel.: +49 351 46333684

