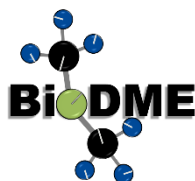


Sachbericht zum Verwendungsnachweis

Verbundprojekt

ERWAS - Verbundprojekt BioDME: Nachhaltige Synthese des
Energieträgers Dimethylether aus Abwasser, Teilprojekt 5



in der Fördermaßnahme

ERWAS

Autor(en)

TUTTAHS & MEYER Ingenieurgesellschaft für Wasser-, Abwasser- und
Energiewirtschaft mbH, Prof. Dr.-Ing. Markus Schröder & Eric Gramlich
M.Sc., Maximilian Brück M.Sc., Auf der Hüls 162, E-Mail-Adresse

Projektlaufzeit: 01.07.2019 – 31.08.2024

Erstellungsdatum: 30.08.2024

Projektpartner

Universität Bremen
Fachgebiet Umweltverfahrenstechnik (UVT)

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg,
Institut für Anorganische und Analytische Chemie & Freiburger
Materialforschungszentrum FMF, Lehrstuhl für Molekül- und
Koordinationschemie,

Technische Universität Hamburg (TUHH)
Institut für Bioprozess- und Biosystemtechnik (IBB)

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Inhaltsverzeichnis

I.	Teil I Kurzfassung	5
II.	Teil II Eingehende Darstellung	5
II.1	Motivation und Aufgabenstellung	5
II.2	Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens	5
II.3	Planung und Ablauf des Vorhabens	6
II.4	Erzielte Ergebnisse und voraussichtlicher Nutzen.....	7
II.5	Darstellung des während des Vorhabens bekannt gewordenen Fortschritts auf diesem Gebiet bei anderen Stellen	8
II.6	Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit der Ergebnisse	8
II.7	Zusammenarbeit mit anderen Stellen außerhalb des Verbundprojektes.....	8
II.8	Veröffentlichungen, Vorträge Referate, etc.	8
II.9	Literaturverzeichnis	8

I. Teil I Kurzfassung

Im Rahmen dieses Projektes wurde eine gemeinsame Kurzfassung der Projektpartner erstellt, die vom Projektkoordinator im Abschlussbericht zu Teilprojekt 1 02WER1528A aufgeführt ist.

II. Teil II Eingehende Darstellung

II.1 Motivation und Aufgabenstellung

Hintergrund des Vorhabens ist der im Rahmen der Fördermaßnahme ERWAS entwickelte Prozess zur energieeffizienten Erzeugung von Methanol aus Abwasser. Kern dieses Konzepts bildet eine mikrobielle Elektrolysezelle zur Vorreinigung von Industrieabwasser bei gleichzeitiger Erzeugung von H₂ und CO₂. Diese Produktgase werden in einer nachgeschalteten Synthesestufe zu Methanol als speicherbaren Energieträger und Grundstoff für die chemische Industrie umgesetzt. Im Rahmen des Nachfolgeprojekts BioDME soll nun der Prozess hochskaliert und Dimethylether (DME) als potenziell wirtschaftlich attraktiveres Produkt gewonnen werden.

Ziel dieses Projekts ist die Hochskalierung und wirtschaftliche sowie ökologische Optimierung des Gesamtprozesses auf Basis der vorhergehenden Ergebnisse. Dazu soll eine hochskalierte mikrobielle Elektrolysezelle entwickelt werden, deren Konstruktion in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit und Ökobilanz des Prozesses optimiert wurde. Zur Demonstration soll ein 3-fach Elektrolysezell-Stapel aufgebaut werden, dessen Konzeption auf modulare Systeme im m³-Maßstab übertragbar ist. Zur Steigerung der Rentabilität des Gesamtprozesses soll zudem Dimethylether als, im Vergleich zu Methanol, höherpreisiges Produkt gewonnen werden. Dabei soll die technische Umsetzung des Gesamtprozesses von Anfang an durch eine systematische ökologische und ökonomische Bewertung begleitet werden. So kann bereits in der Konzeption die Auswirkung der eingesetzten Materialien auf Wirtschaftlichkeit und Ökobilanz des Gesamtprozesses berücksichtigt werden. Abschließend soll die Stabilität, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit des Prozesses im Praxiseinsatz nachgewiesen werden.

II.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens

Zu Beginn des Vorhabens waren lediglich allgemeine Erkenntnisse bezüglich des Betriebs von mikrobiellen Elektrolysezellen vorhanden. Es wurden zudem bereits Untersuchungen der Nutzung von mikrobieller Elektrolyse mit Abwasser durchgeführt. Die Untersuchung der Anwendung von mikrobiellen Elektrolysezellen mit hochbelastetem Brauereiabwasser sowie die Potenzialabschätzung zur Abwasserbehandlung in Deutschland (kommunal und industriell) wurden noch nicht durchgeführt. Die lokale, dezentrale Synthese von Dimethylether aus den Produktgasen einer mikrobiellen Elektrolyse mit Abwassernutzung wurde bisher noch nicht erprobt. Die Ergebnisse der Literaturrecherche sind dem Abschlussbericht von TUTTAHS & MEYER zu entnehmen.

II.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die im Rahmen des Projekts durchzuführenden Arbeiten gliedern sich in verschiedene Arbeitsschritte, unterteilt in unterschiedliche Arbeitspakete. Im Folgenden werden die Arbeitspakete näher erläutert, in denen die TUTTAHS & MEYER Ingenieurgesellschaft mbH involviert ist.

AP 1.2: Identifikation und Qualifizierung kosten- und umweltoptimierter Materialien

Auswahl der Materialien auf Basis von Literaturdaten, industriellen Nutzungen und eigenen Ergebnissen auch im Hinblick auf zukünftig nachhaltige Verwendung. Bioelektrochemische Qualifizierung unter relevanten Betriebsbedingungen mit echtem Industrieabwasser. Ziel ist die Identifikation von technisch und wirtschaftlich geeigneten Materialien für die nachfolgende Weiterentwicklung und das Scale-Up der mikrobiellen Elektrolysezelle

AP 1.3: Scale-Up und Optimierung der Konstruktion der mikrobiellen Elektrolysezelle hinsichtlich Kosten und Umweltwirkung

Charakterisierung, Optimierung und experimentelle Qualifizierung verschiedener skalierbarer Konstruktionskonzepte. Als Basis werden die im Rahmen des Vorgängerprojekts entwickelten Zellen mit Flat-plate-Aufbau dienen. Ausgehend von Zellen der Größe 12 cm x 12 cm wird zunächst das für den Betrieb wichtige Zusammenspiel zwischen hydraulischer Verweilzeit und der erreichbaren Stromdichte sowie Reinigungswirkung untersucht und optimiert. Auf Basis dieser Parameter wird die Konstruktion anschließend in zwei Zwischenschritten hin zur Zielgröße hochskaliert und jeweils experimentell charakterisiert. Leitbild der Konstruktion wird ein auf Basis der Ergebnisse aus AP 1.2 möglichst minimierter und nachhaltiger Materialeinsatz sein. Unterstützt werden diese Arbeiten jeweils durch numerische Simulation und Optimierung der Hydrodynamik in den Reaktionsräumen sowie der elektrischen Spannungsabfälle in der Elektrodenfläche. Das Ziel ist die Identifikation einer wirtschaftlich und nachhaltig optimierten hochskalierten Konstruktion der mikrobiellen Elektrolysezelle mit 1 m² Elektrodenfläche.

AP 5.1: Festlegung des Systemrahmens und Systemanalyse

In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern sind alle notwendigen Prozess- und Materialdaten der unterschiedlichen Prozess-Schritte zusammenzustellen. Die vorliegende Literatur- und Patentrecherche wird aktualisiert, um eine möglichst belastbare Datengrundlage zu erhalten. Anschließend werden mögliche Prozess- und Materialvarianten in Form eines morphologischen Kastens dargestellt. Auf Basis der Erfahrungen am Fraunhofer ISE und in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern werden die vielversprechendsten Varianten ausgewählt. Ziel ist es, für die unterschiedlichen Betriebszustände und Prozessbedingungen die systemspezifischen kritischen Parameter und Materialien zu identifizieren und an die anderen Partner zurückzuspiegeln, um dadurch die Risiken zu minimieren und die weiteren Forschungsarbeiten gezielter durchführen zu können.

AP 5.4: Potentialanalyse zur Anwendung der Technologie in der Abwasserbehandlung

Die technischen und wirtschaftlichen Ergebnisse werden in eine Potentialanalyse auf die Umsetzbarkeit auf Kläranlagen in Deutschland bewertet. Dazu werden Randbedingungen, wie die Einbindung in die vorhandene Verfahrenstechnik, Betrieb durch vorhandenes Fachpersonal, Umsetzungshorizonte, Anforderungen an die Abwasserreinigung heute sowie zukünftig sowie die aktuelle Gesetzeslage berücksichtigt. Auf Basis der Bewertung sollen Handlungsempfehlungen erarbeitet werden, die den Ausbau dieser Technologie fördern. Ziele sind die Erarbeitung einer Aussage über die grundsätzliche Übertragbarkeit auf Kläranlagen in Deutschland und Empfehlungen zur Förderung dieser Technologie.

Die Identifikation und Qualifizierung kosten- und umweltoptimierter Materialien wurde auf Basis einer ausführlichen Literaturrecherche, insbesondere auf Basis wissenschaftlicher Publikationen durchgeführt. Darüber hinaus wurden die Ergebnisse der Untersuchungen unserer Projektpartner herangezogen. Für den Scale-Up und die Optimierung der Konstruktion wurde ebenfalls eine Literaturrecherche herangezogen, um Informationen zu Herausforderungen bei der Skalierung in anderen Projekten zusammenzutragen. Zudem wurde auf das Wissen der Projektpartner zurückgegriffen. Für die Potentialanalyse zur Anwendung der Technologie in der Abwasserbehandlung wurde im Hinblick auf den Betrieb durch Fachpersonal und die Gesetzeslage ebenfalls eine Literaturrecherche durchgeführt. Bezüglich der Einbindung in die vorhandene Verfahrenstechnik und der Anforderungen an die Abwasserreinigung kann TUTTAHS & MEYER auf eigene Erfahrungen und eigenes Wissen zurückgreifen.

II.4 Erzielte Ergebnisse und voraussichtlicher Nutzen

Hinsichtlich der Materialauswahl der Komponenten der mikrobiellen Elektrolysezelle stützen die Ergebnisse die Ausarbeitungen unserer Projektpartner. Als Elektrodenmaterial kommt Edelstahl zum Einsatz, in Form von Wolle mit möglichst hoher spezifischer Oberfläche passend zu den Ansprüchen der jeweiligen Elektroden. Edelstahl bietet eine ausreichende Leitfähigkeit bei gleichzeitiger Korrosionsbeständigkeit und moderater Kostenintensität. Als Elektrolyt dient anodenseitig das Abwasser, während kathodenseitig eine Lösung eingesetzt werden muss, die trotz neutralem pH-Wert eine gute Leitfähigkeit gewährleistet.

Für die nachgeschaltete DME-Synthese ist ein stöchiometrisches H_2/CO_2 Verhältnis von 3:1 erforderlich. Durch den überwiegenden Verbleib des erzeugten CO_2 gelöst im Abwasser ist die Nutzung von externem CO_2 für die DME-Synthese erforderlich. Die Produktgase sind für die Synthese auf 30 bis 50 bar zu komprimieren.

Zur Gewinnung von möglichst reinem DME und zur Minimierung des Produktlagervolumens muss der Produktstrom aus der Synthese mittels dreistufiger Rektifikation aufbereitet werden. Hierzu ist die Bereitstellung von Wärme und Kälte obligatorisch.

Die Anwendung von MEZ zur Abwasserbehandlung ist bei einem angestrebten wirtschaftlichen Betrieb nur für bestimmte industrielle Abwasserströme mit hohem Kohlenstoff- und geringem Stickstoffanteil sinnvoll. Industrielle Abwässer, die diese Eigenschaften aufweisen, fallen in der Papier-, Fruchtsaft-, Maisstärke- und Zuckerindustrie sowie in Brauereien an.

Durch den Umgang mit Gefahrstoffen in dem Gesamtprozess sind verschiedene Schutzmaßnahmen zu ergreifen und die entsprechenden technischen Regeln für Gefahrstoffe zu befolgen. Das Betriebspersonal von Kläranlagen, häufig Fachkräfte für Abwassertechnik, bringen in der Regel bereits Kenntnisse zum Umgang mit dieser Art von Gefahrstoffen mit. Lediglich der Umgang mit bioelektrischen Systemen und der Betrieb eines chemischen Reaktors mit der erforderlichen Peripherie erfordert eine gezielte Weiterbildung, um einen stabilen Betrieb zu gewährleisten und Bedienungsfehlern vorzubeugen.

Beim Einsatz einer MEZ mit nachgeschalteter DME-Synthese ist die Infrastruktur einer Kläranlage sowie die Lage und Anbindung der Kläranlage ebenfalls von Relevanz. Sofern die Veräußerung des produzierten DME erwünscht ist, muss grundsätzlich die Möglichkeit zur Marktteilnahme vorhanden sein, indem die Produktionsstandorte gut erschlossen und die Distanzen zu Produktabnehmern wirtschaftlich überwindbar sind.

Bei der Abwasserbehandlung insbesondere stark belasteter industrieller Abwässer mit dem Ziel, die Energie aus dem Abwasser in nutzbare Energieträger zu überführen, konkurrieren bioelektrische Systeme mit anaeroben Verfahren, die bei ähnlichem Wirkungsgrad um Größenordnungen geringere Kosten aufweisen. Der wettbewerbsfähige Betrieb bioelektrischer Systeme zur Gewinnung bzw. Nutzung von Wasserstoff und ähnlichen Verbindungen in einem wirtschaftlichen Rahmen bleibt durch die bestehenden Betriebs Herausforderungen weiterhin nicht absehbar.

II.5 Darstellung des während des Vorhabens bekannt gewordenen Fortschritts auf diesem Gebiet bei anderen Stellen

Keine.

II.6 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit der Ergebnisse

Nutzung der Ergebnisse bei anderen Studien und Aufträgen innerhalb der ingenieurtechnischen Aufträge.

II.7 Zusammenarbeit mit anderen Stellen außerhalb des Verbundprojektes

Keine.

II.8 Veröffentlichungen, Vorträge Referate, etc.

Präsentation und Diskussion der Projektergebnisse u.a. auf Tagungen und im Rahmen der DWA – Arbeitsgruppe KEK-7.1 „Wasserstoffbasierte Energiekonzepte“

II.9 Literaturverzeichnis

Keine.