

BioDME – Nachhaltige Synthese des Energieträgers Dimethylether aus Abwasser

Zukunftsfähige Technologien und Konzepte für eine ressourcenschonende und energieeffiziente Wasserwirtschaft (ERWAS)

Bei der Abwassereinigung muss bislang viel Energie aufgewendet werden, um organische Inhaltsstoffe zu entfernen. Doch gleichzeitig enthalten diese Stoffe selbst Energie. An diesem Punkt setzt das interdisziplinäre Verbundprojekt BioDME an: Die Beteiligten wollen den Energiegehalt von industriellem Abwasser mit hoher organischer Belastung nutzen, um daraus mithilfe einer mikrobiellen Elektrolysezelle den lager- und transportfähigen Energieträger Dimethylether (DME) herzustellen. Ziel des Vorhabens ist es, eine Demonstrationsanlage zu entwickeln, die Industrieabwasser effizient behandelt und gleichzeitig DME gewinnt.

DME nachhaltig gewinnen

In der klassischen Abwasserreinigung muss das Abwasser unter beträchtlichem Stromverbrauch belüftet werden, um den Abbau von organischen Kohlenstoffverbindungen zu Kohlenstoffdioxid mit Hilfe von Mikroorganismen zu ermöglichen. Als alternative Abwasserreinigungstechnologie können mikrobielle Elektrolysezellen genutzt werden. Diese bauen mit speziellen Bakterien die Abwasserinhaltsstoffe ab und wandeln gleichzeitig die darin enthaltene chemische Energie mithilfe von elektrischem Strom in Wasserstoff um. Zusätzlich kann auf die energieintensive Belüftung des Belebtschlammbeckens verzichtet werden. Wasserstoff ist ein vielseitig einsetzbarer Energieträger. Jedoch sind die Lagerung und insbesondere der Transport von Wasserstoff vergleichsweise aufwändig.

Daher setzen die Projektpartner von BioDME hier mit einem neuen Konzept an: Sie wandeln den erzeugten Wasserstoff (H_2) zusammen mit Kohlenstoffdioxid (CO_2) in einem nachgeschalteten Schritt in Dimethylether (DME) um. DME eignet sich hervorragend als lager- und transportfähiger Energieträger und kann darüber hinaus auch als Grundstoff für chemische Synthesen dienen. Da das neue Verfahren die im Abwasser enthaltene Energie für den DME-Syntheseprozess nutzt, ist es im Gegensatz zur herkömmlichen DME-Produktion aus fossilen Energieträgern wie Braunkohle oder Erdgas nachhaltig und energieeffizient.

Praxistest in Demonstrationsanlage mit Brauereiabwasser

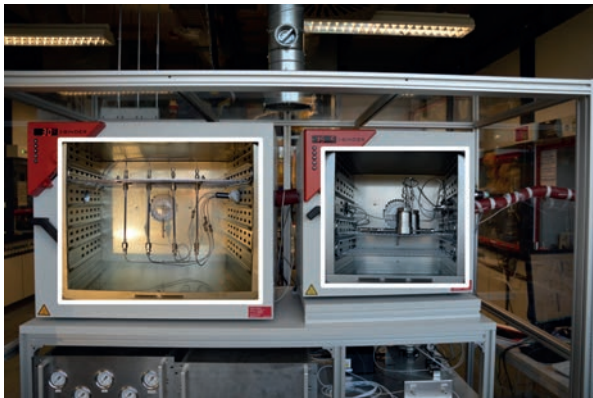
Das Projekt BioDME baut auf Vorarbeiten des abgeschlossenen Verbundvorhabens BioMethanol auf. In dessen Rahmen wurde ein Prozess zur energieeffizienten Erzeugung von Methanol aus Abwasser entwickelt. Damit sich das Verfahren wirtschaftlich rechnet, nutzt BioDME das Grundkonzept, um DME anstelle von Methanol zu synthetisieren. DME erzielt im Vergleich zu Methanol einen etwa dreimal höheren Verkaufspreis. Die Forschenden wollen den Gesamtprozess nun auf Basis der vorhergehenden Ergebnisse hochskalieren und dabei wirtschaftlich und ökologisch optimieren. Ziel ist es, das Verfahren in einer halbtechnischen Demonstrationsanlage zu testen, in der Brauereiabwasser gereinigt werden.

Dazu entwickeln die Projektpartner im ersten Schritt mikrobielle Elektrolysezellen im Labormaßstab, deren



Mikrobielle Elektrolysezellen im Labormaßstab

Materialien aus Umwelt- und Kostensicht vorteilhaft sind. Die Leistungsfähigkeit der Elektrolysezelle soll durch eine gezielte Optimierung des an ihrer Anode angesiedelten Biofilms weiter verbessert werden. Die im Prozess gewonnenen Gase Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid werden gemeinsam aufgefangen und zur anschließenden DME-Produktion in einen mobilen Reaktor geleitet. Wie stabil, wirtschaftlich und nachhaltig die Abwasserreinigung mit mikrobiellen Elektrolysezellen und nachgeschalteter DME-Synthese abläuft, soll der Praxiseinsatz einer mit Brauereiabwasser betriebenen Demonstrationsanlage zeigen.



Mit der 4-Kanal-Katalysator-testanlage werden an der Universität Freiburg verbesserte Katalysatoren zur direkten DME-Synthese aus H_2 und CO_2 untersucht

Für nahezu alle Kläranlagen geeignet

Das Marktpotenzial der in BioDME entwickelten energieeffizienten Abwasserreinigungstechnologie ist sehr hoch. Schon allein Brauereiabwasser, das in der Demonstrationsanlage zum Einsatz kommt, fällt weltweit in einer Größenordnung von etwa 600 Mio. Kubikmetern an. Darüber hinaus ist das Verfahren auch für viele weitere Abwasserströme mit hoher organischer Belastung geeignet, z. B. Abwasser aus der Zuckerverarbeitung oder der Papierindustrie. Mit weiteren abwasserspezifischen Anpassungen kann die Technologie sogar in fast jeder Kläranlage genutzt werden. Dies trägt dazu bei, dass Abwasser mit deutlich weniger Energie, Treibhausgasemissionen und geringeren Kosten gereinigt wird als mit klassischen Verfahren. Darüber hinaus wird nachhaltig DME mit hoher Energiedichte und vorteilhaften Verbrennungseigenschaften produziert.

Fördermaßnahme

Zukunftsfähige Technologien und Konzepte für eine ressourcenschonende und energieeffiziente Wasserwirtschaft (ERWAS)

Projekttitel

Nachhaltige Synthese des Energieträgers Dimethylether aus Abwasser (BioDME)

Förderkennzeichen

02WER1528 A-E

Laufzeit

01.09.2019 – 28.02.2023

Fördervolumen des Verbundprojektes

2.065.180 Euro

Kontakt

Universität Bremen
 Fachgebiet Umweltverfahrenstechnik
 Prof. Dr.-Ing. Sven Kerzenmacher
 Leobener Straße 6
 28359 Bremen
 Tel.: +49 (0) 421 218-63331
 E-Mail: kerzenmacher@uni-bremen.de

Projektpartner

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
 Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe
 TUTTAHS & MEYER Ingenieurgesellschaft für Wasser-, Abwasser- und Energiewirtschaft mbH, Aachen

Internet

uni-bremen.de/biodme

Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
 Referat Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung
 53170 Bonn

Stand

April 2021

Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Bildnachweise

Vorderseite: Universität Bremen, Fachgebiet Umweltverfahrenstechnik
 Rückseite: FMF, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

DEMO-BioBZ – Demonstration einer bio-elektrochemischen Brennstoffzelle zur nachhaltigen Abwasserreinigung

Zukunftsfähige Technologien und Konzepte für eine ressourcenschonende und energieeffiziente Wasserwirtschaft (ERWAS)

Kläranlagen sind die größten Energieverbraucher in den Kommunen. Der Einsatz neuartiger bio-elektrochemischer Brennstoffzellen könnte dies in Zukunft ändern: Diese wandeln die im Abwasser enthaltene chemische Energie durch biologische Stoffwechselprozesse direkt in Strom um und reinigen gleichzeitig einen Teil der Abwässer. Die Biobrennstoffzelle ermöglicht es Kläranlagen, nicht nur Energie einzusparen, sondern im besten Fall sogar überschüssigen Strom für das Energienetz zu liefern. Das Verbundprojekt DEMO-BioBZ will diesen Ansatz optimieren und die weltweit erste kommunale Demonstrationskläranlage mit Biobrennstoffzellen umsetzen.

Energieeffizient, leistungsstark und wirtschaftlich

Die Abwasserbehandlung verbraucht viel Energie. Zu viel für die Klimaschutzziele der Bundesregierung, aber auch der EU. Allein in Deutschland werden pro Jahr fast 4000 GWh für die Abwasserreinigung aufgewendet. Die im Abwasser enthaltene chemische Energie übertrifft die für den Betrieb erforderlichen Menge jedoch um ein Vielfaches. Eine verbesserte Nutzung dieser „Abwasserenergie“ könnte daher zu einer Energiewende im Abwassersektor führen, bei der die Kläranlage sogar vom Energiegroßverbraucher zum Energielieferanten wird. Besonders bedeutsam ist dies auch vor dem Hintergrund weiterer zukünftiger Anforderungen, die einen zusätzlichen Energieaufwand verursachen: z. B. zur Ressourceneffizienz durch Phosphorrückgewinnung und -verwertung oder eine weitergehende Abwasserreinigung, die Spurenstoffe und Krankheitserreger entfernt.

Das Verbundprojekt DEMO-BioBZ will die Fähigkeit spezieller Abwassermikroorganismen nutzen, beim Abbau organischer Schmutzstoffe Strom zu produzieren. Einen solchen Ansatz hat das Vorgängerprojekt BioBZ entwickelt. DEMO-BioBZ unterzieht das Konzept weltweit erstmals in einer technischen Anlage dem Langzeit-Praxistest. Die Beteiligten wollen den Nachweis erbringen, dass die bioelektrochemische Abwasserbehandlung energieeffizient und gleichzeitig in der Lage ist, das Abwasser den gesetzlichen Anforderungen entsprechend vollständig zu reinigen. Zudem soll die Anwendung wirtschaftlich sein.

Den Ansatz weiterentwickeln und in der Praxis testen

Innerhalb der mikrobiellen Brennstoffzellen fungieren elektroaktive Bakterien, die in einem Biofilm auf den Elektroden kultiviert werden, als Biokatalysatoren. Wenn die Mikroorganismen Schmutzstoffe im Abwasser abbauen, werden Elektronen frei. Diese lassen sich für eine Stromproduktion nutzen. Sowohl die Ansiedlung dieser speziellen Bakterien als auch die Stromproduktion können gezielt gesteuert werden. Hierfür entwickeln die Forschenden in Demo-BioBZ elektronische Schaltungen und Komponenten. Außerdem arbeiten sie an neuen Materialien und Produktionsmethoden für Elektroden, an einem neuen Reaktorsystem sowie an Hard- und Softwarelösungen für Automatisierungs- und Speichersysteme. Damit soll einerseits der Eigenstromverbrauch der Abwasserreinigung minimiert und andererseits die Stromproduktion verbessert werden.



In einer Sprühbeschichtungsanlage werden katalytisch aktive Substanzen auf Elektroden aufgetragen

Im Anschluss an Voruntersuchungen und eine einjährige Bauphase testen die Projektbeteiligten das weiterentwickelte Verfahren in einer Demonstrationsanlage, die für 250 Einwohnerwerte ausgelegt ist. Diese wird am Standort der Kläranlage Goslar in Niedersachsen errichtet.

Im ersten Jahr des Praxistests sollen die Stromproduktion optimiert sowie die Abwasserreinigungsleistung verbessert werden. Hierbei geht es vor allem darum, den Kohlenstoff zu entfernen und den bio-elektrochemischen Abbau von Stickstoffverbindungen in die technische Anlage zu integrieren. Gelingt es, die Vorgänge in der Biobrennstoffzelle für eine Stickstoffelimination zu nutzen, kann damit im Idealfall die Energie eingespart werden, die bei der üblichen Abwasserbehandlung dafür erforderlich wäre.

Um die Wirtschaftlichkeit der Biobrennstoffzelle zu erhöhen und ihre Einsatzmöglichkeiten zu erweitern, nehmen die Forschenden außerdem Mikroschadstoffe ins Visier; dass diese zumindest teilweise mit Biobrennstoffzellen entfernt werden können, wurde bereits im Vorgängerprojekt BioBZ nachgewiesen. Diesen Ansatz will DEMO-BioBZ nun weiterverfolgen.



Auf dem Klärwerk in Goslar wird die Demonstrationsanlage aufgebaut

Vor allem für kleinere Kläranlagen wirtschaftlich

Einsatzmöglichkeiten für die in Demo-BioBZ entwickelte Lösung bestehen zunächst vor allem bei Kläranlagen bis 5.000 Einwohnerwerten. In diesem Bereich sind sowohl die einwohnerspezifischen Investitionskosten als auch die Energiekosten am höchsten, sodass sich aus wirtschaftlicher Sicht hier die größten Chancen bieten. Die angestrebte weitergehende Abwasserreinigung mit vollständiger Stickstoff- und zumindest teilweiser Spurenstoffentfernung eröffnet zusätzliche Chancen, nicht zuletzt im Ausland oder auch für größere Kläranlagen.

Fördermaßnahme

Zukunftsfähige Technologien und Konzepte für eine ressourcenschonende und energieeffiziente Wasserwirtschaft (ERWAS)

Projekttitel

Demonstration einer bio-elektrochemischen Brennstoffzelle zur nachhaltigen Abwasserreinigung (DEMO-BioBZ)

Förderkennzeichen

02WER1531 A-G

Laufzeit

01.01.2020 – 31.12.2024

Fördervolumen des Verbundprojektes

5.680.000 Euro

Kontakt

CUTEC Forschungszentrum der TU Clausthal
Prof. Dr.-Ing. Michael Sievers
Leibnizstraße 23
38678 Clausthal-Zellerfeld
Telefon: +49 (0) 5323 726243
E-Mail: michael.sievers@cutec.de

Projektpartner

Common-Link AG, Karlsruhe
DVGW-Forschungsstelle des Engler-Bunte-Instituts, Karlsruhe
Eisenhuth GmbH & Co. KG, Osterode am Harz
Eurawasser Betriebsführungsgesellschaft mbH, Goslar
Institut für Chemische und Elektrochemische Verfahrenstechnik der TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld
Institut für Ökologische und Nachhaltige Chemie der TU Braunschweig, Braunschweig
UAP Umwelttechnik und Anlagenbau GmbH, Plauen

Internet

demo-biobz.de

Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung
53170 Bonn

Stand

April 2021

Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Bildnachweise

Vorderseite: CUTEC/TU Clausthal
Rückseite: Eurawasser

bmbf.de



RIAS – Ressourcenschonende und integrierte Aktivkohleherstellung auf Kläranlagen zur Spurenstoffelimination

Zukunftsfähige Technologien und Konzepte für eine ressourcenschonende und energieeffiziente Wasserwirtschaft (ERWAS)

Um Spurenstoffe wie Rückstände von Medikamenten, Pflanzenschutzmitteln oder Haushaltschemikalien wirksam aus dem Abwasser zu entfernen, setzen kommunale Kläranlagen zunehmend Reinigungsverfahren mit Aktivkohle ein. Die Herstellung und der Transport konventioneller Aktivkohlen sind jedoch vielfach mit starken Umweltbelastungen verbunden. Ziel der Beteiligten im Verbundprojekt RIAS ist es daher, Aktivkohlen auf kommunalen Kläranlagen ressourcenschonend bei der Abwasserbehandlung zu produzieren.

Stoffkreislauf auf kommunalen Kläranlagen schließen

In den vergangenen Jahren ist der Eintrag von Spurenstoffen in die Gewässer verstärkt ins Blickfeld der öffentlichen Wahrnehmung gerückt. Die Rückstände solcher künstlich hergestellten Substanzen können im Wasser in sehr geringen Konzentrationen nachgewiesen werden. Spurenstoffe können sich negativ auf Gewässerorganismen auswirken und stellen eine Herausforderung für die Trinkwasserversorgung dar.

Kommunale Kläranlagen werden daher zunehmend mit einer weiteren Reinigungsstufe ausgerüstet, die Spurenstoffe aus dem Abwasser entfernen soll. Hierbei kommt vielfach Aktivkohle zum Einsatz. Sie ist in der Lage, Stoffe an ihre Oberfläche zu binden – dies wird als Adsorption bezeichnet – und damit aus dem Abwasser zu entfernen. Aktivkohle ist ein hochporöser Stoff, der aus normaler Braun- und Steinkohle oder auch aus nachwachsenden Rohstoffen wie Holz oder Kokosnussschalen überwiegend in Asien erzeugt wird. Sowohl die verwendeten Rohstoffe zur Herstellung der Aktivkohlen als auch die weiten Transportwege nach Europa bedeuten vielfach starke Umweltbelastungen.

Die Beteiligten im Verbundprojekt RIAS setzen daher auf organische Stoffe, die im Abwasser vorhanden sind. Diese dienen als Ausgangsmaterial für die ressourcenschonende Produktion von Aktivkohle auf kommunalen Kläranlagen. Damit wollen die Forschenden einen bislang ungenutzten Stoffkreislauf schließen und so einen Beitrag zum Umweltschutz zu leisten.

Vom Reststoff zur ressourcenschonenden Aktivkohle

Das Konzept von RIAS sieht vor, kommunales Abwasser auf Kläranlagen im ersten Schritt mechanisch zu sieben. Das dabei gewonnene Feinsiebgut wird entwässert und anschließend mithilfe unterschiedlicher thermischer Verfahren in Kohle umgewandelt. Je nach verwendetem Verfahren zur Verkohlung wird das Material dazu bereits im Vorfeld oder im Nachgang getrocknet und pelletiert. Zum Abschluss des Herstellungsprozesses werden die Kohlen mit Wasserdampf aktiviert.

Sowohl die Eigenschaften des verwendeten Ausgangsmaterials als auch die Prozessbedingungen während der Herstellung haben erheblichen Einfluss darauf, wie gut die Aktivkohlen Spurenstoffe entfernen können. Um beide Punkte aus technischer und wirtschaftlicher Sicht zu optimieren, untersuchen die Forschenden die ressourcenschonende Aktivkohle anhand verschiedener Kennzahlen und bewerten ihre Leistung mithilfe von Adsorptionsversu-



Auf Kläranlagen wird aus dem Abwasser Siebgut für die Herstellung ressourcenschonender Aktivkohlen gewonnen

chen. Dabei erfolgt auch ein Vergleich mit konventionellen Aktivkohlen. Ziel der Projektbeteiligten ist es, die Herstellung ressourcenschonender Aktivkohlen vom Labormaßstab auf eine großtechnische Umsetzung hochzuskalieren. Der Einsatz auf einer Versuchskläranlage soll erste Erkenntnisse liefern, wie sich diese in der Praxis bewähren.

Darüber hinaus gehen die Forschenden verschiedenen weiteren Fragen nach: Wie wirkt sich die Entnahme der organischen Stoffe im Zulauf kommunaler Kläranlagen auf die nachfolgenden biologischen Reinigungsmechanismen aus? Was soll mit Prozesswässern, die bei der Kohleherstellung anfallen, geschehen? Können sich Schadstoffe aus den Aktivkohlen rüchlösen? Und wie kann die Herstellung von ressourcenschonenden Aktivkohlen auf einzelnen Kläranlagen oder in Kläranlagenverbänden umgesetzt werden? Zum Abschluss des Projektes soll ein Vergleich der Ökobilanzen der in RIAS erzeugten mit konventionell hergestellten Aktivkohlen zeigen, dass die ressourcenschonenden Produkte nicht nur Umweltvorteile haben, sondern sich auch wirtschaftlich rechnen.



Wie gut die ressourcenschonenden Aktivkohlen Spurenstoffe aus Abwässern entfernen können, wird in Laborversuchen ermittelt

Umwelt und Wasserwirtschaft profitieren

Das Projekt RIAS trägt dazu bei, fossile Rohstoffe für die Aktivkohleherstellung einzusparen und die mit der konventionellen Produktion verbundene Umweltbelastung zu mindern. Für die Wasserwirtschaft bedeutet dies auch eine größere Unabhängigkeit von internationalen Märkten und Rohstoffpreisen. Zudem fördert der Einsatz der RIAS-Aktivkohle bei der Spurenstoffentfernung eine lokale, ressourcenschonende Kreislaufwirtschaft. Sie könnte dazu beitragen, das weitergehende Reinigungsverfahren häufiger angewendet werden – zum Wohl der natürlichen Gewässer und Ökosysteme.

Fördermaßnahme

Zukunftsfähige Technologien und Konzepte für eine ressourcenschonende und energieeffiziente Wasserwirtschaft (ERWAS)

Projekttitel

Ressourcenschonende und integrierte Aktivkohleherstellung auf Kläranlagen zur Spurenstoffelimination (RIAS)

Förderkennzeichen

02WER1529A-F

Laufzeit

01.11.2019 – 31.10.2022

Fördervolumen des Verbundprojektes

1.569.120 Euro

Kontakt

Institut für Siedlungswasserwirtschaft
der RWTH Aachen University (ISA)
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Wintgens
Mies-van-der-Rohe-Straße 1
52074 Aachen
Telefon: +49 (0) 241 80 25207
E-Mail: sekretariat@isa.rwth-aachen.de

Projektpartner

Glatt Ingenieurtechnik GmbH, Wiesbaden
HTCycle AG, Murchin
HUBER SE, Berching
Ruhrverband, Essen
Universität Hohenheim, Fachgebiet Konversionstechnologien
nachwachsender Rohstoffe, Hohenheim

Internet

projekt-rias.de

Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung
53170 Bonn

Stand

April 2021

Text

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Gestaltung und Redaktion

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Druck

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Bildnachweise

Vorder- und Rückseite: Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen University (ISA)