

**Projektsteckbrief Förderprogramm des
Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des
Landes Nordrhein-Westfalen**

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft,
Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen



Förderprogramm	Ressourceneffiziente Abwasserbeseitigung NRW II – Förderbereich 6 Forschungs- und Entwicklungsprojekte in der Abwasserbeseitigung	
Antragstitel	ERA ³ - Effiziente Ressourcenverwertung in Abwässern der Abfallwirtschaft mittels Algenkulturen	
Laufzeit	April 2019 – Juni 2021	
Bewilligungsempfänger	Ansprechpartner	
TH Köln, Frau Prof. Dr. Rehorek/ JLU Gießen, Herr Prof. Dr. Gäth		Projektleitung TH Köln: Professor Dr. Astrid Rehorek (astrid.rehorek@th-koeln.de); Wissenschaftlicher Mitarbeiter: Alexander Kuß (alexander.kuss@th-koeln.de) Ansprechpartner JLU Gießen: Prof. Dr. Stefan Gäth (Stefan.A.Gaeth@umwelt.uni-giessen.de) Ansprechpartner BAV: Dr. Pascal Beese-Vasbender (pbv@bavmail.de)

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Die Projektphase I von ERA³ bestand aus fünf Arbeitspaketen und endet mit der Vorlage des Abschlussberichts und der Vorplanung der halbtechnischen Pilotanlage für die Projektphase II.

AP 1: Ziel war es, vier Deponiesickerwässer auf Algenkulturen hin zu untersuchen, diese zu charakterisieren und zu kultivieren.

Im **AP 2** sollten die Auswirkungen unterschiedlicher Kultivierungsparameter wie pH-Wert, Temperatur und Lichtausbeute auf das Wachstum der Mikroalgen untersucht werden. Das insbesondere in unverdünntem Deponiesickerwasser. Außerdem wurde die Reinigungsleistung der Mikroalgenkulturen hinsichtlich verschiedener abwasserrelevanter Bestandteile untersucht. Dabei wurde die Reinigungsleistung hinsichtlich einer Clearance von Ammonium, Nitrat, Nitrit, Phosphat und CSB untersucht.

Im **AP 3** wurde ein Zwischenbericht angefertigt und dem LANUV vorgelegt.

Vorbereitend für die Projektphase II wurden die erzielten Ergebnisse in **AP 4** dazu verwendet, die Vorplanungen einer halbtechnischen Pilotanlage vorzunehmen.

In **AP 5** wurden die erzielten Ergebnisse auf verschiedenen Wegen der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt und auf regionalen, nationalen und internationalen Veranstaltungen diskutiert.

Die Einzelnen Arbeitspakete sind in Abbildung 1 im Einzelnen aufgeführt. In Abweichung zu diesem ursprünglichen Projektplan wurde AP 2.3 an der TH-Köln durchgeführt.

AP I	Arbeitsschritt	UNI Gießen	TH Köln
1.	Isolierung und Charakterisierung von Mikroalgen aus Deponiesickerwasser		
1.1	Isolierung und Kultivierung der standortangepassten Mikroalgen		
1.2	Mikroskopische Charakterisierung		
1.3	Physiologische Charakterisierung		
1.4	Chemische Taxonomie		
1.5	Kultivierung der angepassten Algen in verschiedenen Deponiesickerwässern		
2.	Parametererfassung für optimale Kultivierungstechniken	• ¹	
2.1	Parameterabhängige Wachstumsraten (pH-Wert, Temperatur, Lichtintensität, etc.)		
2.2	Bestimmung der Abbaukinetiken von Abwasserinhaltsstoffen		
2.3	Biomassebildung unter variierenden Kultivierungsbedingungen		
2.4	Analytik		
3.	Zwischenbericht		
4.	Vorplanung halbtechnische Pilotanlage		
5.	Wissenstransfer		

Abbildung 1: Bezeichnung und Aufteilung der Arbeitspakete/Arbeitsschritte im Projekte ERA³ – Phase I

Um den Projekterfolg klar zu definieren wurden im Projektantrag zusätzlich vier „Kriterien für eine erfolgreiche Projektphase I“ formuliert.

1. Erfolgreiche Anzucht der Kulturen im 10 Liter- bzw. im 1 m³- Maßstab und Aufrechterhaltung eines konstanten Algenwachstums bzw. einer konstanten Biomasseproduktion im Bereich der exponentiellen und der stationären Phase über mindestens 2 Wochen (ohne Ernte) und 4 Wochen (inkl. Ernte).
2. Dreifache Wiederholung eines Experimentes mit einer Wachstumsrate von mindestens 0,6 - 0,9 g TM*l⁻¹*d⁻¹.
3. Kultivierung der Algen in mindestens drei unterschiedlichen Deponiesickerwässern im Labormaßstab.
4. Absprache, Abgrenzung und wissenschaftlicher Diskurs zu den Ergebnissen aus dem DBU geförderten Projekt in der Pohlschen Heide.

Projektdurchführung

Die Projektdurchführung erfolgte am Metabolon Institut der TH-Köln durch Herrn Christoph Steiner und Herrn Alexander Kuß (AG Prof. Rehorek) sowie durch Herrn David Weil an der Universität Gießen (AG Prof. Gäth). Die praktische Durchführung sowie alle Ergebnisse bzw. methodischen Aspekte sind detailliert im Abschlussbericht bzw. der Zusammenfassung zum Abschlussbericht beschrieben.

Wesentliche Ergebnisse

AP 1.1 bis 1.4: Die Gattung *Chlorella* konnte als dominierende Algengattung der Mikroalgenbiozönose für zwei unterschiedliche Entnahmepunkte an Deponiesickerwässern der Leppe Deponie identifiziert werden. Sie wurde auch in Deponiesickerwässern der Standorte Reiskirchen und Aßlar nachgewiesen.

AP 1.5: In allen vier Sickerwässern konnte in zahlreichen Ansätzen ein Algenwachstum von maximal 1,2 g L⁻¹T⁻¹ in erzielt werden.

AP 2.1: Das maximale Algenwachstum wurde bei einer im Versuch maximal möglichen Lichtintensität von ca. 1.970 Lux, einer Temperatur von unter 25 °C und einem pH-Wert von unter 9 erreicht.

AP 2.2: Der Abbau von Phosphat, Nitrit, Nitrat und organischen Verbindungen war nach 15-tägiger Kultivierungszeit statistisch signifikant ($p < 0,05$) gegenüber den Kontrollkulturen ohne Inokulation. Es konnte aber keine signifikante Ammoniumreduktion durch die Algen nachgewiesen werden.

AP 2.3: Durch Verdoppelung der Lichtintensität und die Erhöhung der Durchmischung konnte im 120 L-IBC-Maßstab ein Algenwachstum von maximal 1 g/L nachgewiesen werden.

In an der Wasseroberfläche schwimmenden, biofilmbasierten Systemen mit Trägermembranen wurden jedoch deutlich bessere Algenwachstumsraten erzeugt. Nach 15-tägiger Kultivierungszeit konnten 135,4 g Algenbiomasse pro Quadratmeter geerntet werden.

AP 4: Aufgrund der bisher erhaltenen Ergebnisse sollen zwei biofilmbasierte Fotobioreaktoren der Firma Phytolinc als primäre Kultivierungssysteme verwendet werden. Diese verfügen über ein computergesteuertes Kontrollsystem, welches die Messung und Kontrolle der wichtigsten Kultivierungsparameter zulässt. Parallel dazu soll ein einfaches, suspensions-basiertes open-pond System aufgebaut werden. Beide Systeme sollen im Rahmen der zweiten Projektphase parallel betrieben werden, um Wachstumsraten der Algen, Abbauraten abwasserrelevanter Inhaltsstoffe sowie Betriebskosten der Anlagen über einen Jahresgang aufzuzeichnen. Auf der Grundlage dieser Daten soll die Eignung des Konzeptes einer „Deponiesickerwasseraufbereitung mit Mikroalgen“ ökonomisch und ökologisch praxisrelevant bewertet werden können.

Erfüllung der Kriterien für eine erfolgreiche Projektphase I

1. Erfüllt in AP 2.3
2. Erfüllt in AP 1.5
3. Erfüllt in AP 1.5
4. Erfüllt in AP 2.4 (Diskussion und Wissenstransfer)

Maßnahmen zum Wissenstransfer (AP 5)

- Masterarbeit von Herrn Alexander Kuß inkl. Kolloquium an der Universität Rostock
- Teilnahme von Herrn David Weil am „Kompetenz Netz Umwelt Technologie“ (KNUT e.V.)
- Weitere Veröffentlichungen sind mit Phase II vorgesehen.

Fazit / Erkenntnisse für die Zukunft

Mikroalgenbasierte Systeme haben das Potential die Aufbereitung von Deponiesickerwässern kostengünstiger und ressourcenschonender durch zu führen. Die entscheidenden Entwicklungen zur industriellen Implementierung sind noch nicht vorhanden. Bisher mussten die Sickerwässer insbesondere aufgrund der hohen Belastung mit TAN (ΣNH_4^+ , NH_3) und Trübstoffen in der Regel stark verdünnt werden, um Algen überhaupt kultivieren zu können. Die Verdünnung der Sickerwässer in industrieller Größenordnung erscheint unter ökonomischen und ökologischen Aspekten als problematisch.

Im vorliegenden Projekt ERA³ – Phase I, war es erstmalig möglich Mikroalgen in unterschiedlichen, hochbelasteten Deponiesickerwässern ($\text{NH}_4\text{-N}$ maximal 934 mg/L; CSB maximal 2076 mg/L) ohne vorherige Verdünnung oder sonstige Vorbehandlung zu kultivieren. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse scheint die Verwendung von Mikroalgen in der Deponiesickerwasser-aufbereitung realistisch. In der weiterführenden, zweiten Phase des Projektes soll nun in Kooperation mit dem Bergischen Abfallwirtschaftsverband im Pilotmaßstab überprüft werden, ob- und unter welchen Voraussetzungen eine Kultivierung über einen gesamten Jahrgang möglich ist. Es soll dabei auch die Reinigungsleistung bzw. das Entlastungspotential der Algen in der Aufbereitung sowie die zusätzliche Wertschöpfung durch die Produktion von Algenbiomasse berücksichtigt werden. Anhand dieser Ergebnisse soll schließlich Aufwand und Nutzen des Systems bilanziert werden, um beurteilen zu können, ob dieses zukünftig die Deponiesickerwasseraufbereitung an Standorten wie der Deponie Leppe unterstützen kann.



Köln, den 21.07.2021