

BIOMIMIC – Innovative biotechnologische Methoden zur effektiven Metallrückgewinnung aus Sekundärmaterialien

Gefördert durch das BMBF im Rahmen der Transnationalen Ausschreibung ERA-MIN 2 des ERA-Nets

Förderkennzeichen: 033RU006A & 033RU006B

Vorhabenlaufzeit: 05.2018 bis 11.2020

ZIELSTELLUNG:

Ziel von BIOMIMIC war die Weiterentwicklung von biotechnologischen Verfahren zur Aufbereitung industrieller Abwässer in der EU auf TRL 5 (Technology Readiness Level 5). Besonders im Fokus stand dabei die Rückgewinnung von kritischen Metallen, welche in den industriellen Abwässern in geringer Konzentration vorkommen. Für drei exemplarische industrielle Abwasserströme wurden biotechnologische Behandlungsverfahren entwickelt:

1. Sickerwasser aus der Rotschlamm-Lagerung einer Aluminiumoxid-Herstellungsanlage in Limerick, Irland
2. Grubenwässer von stillgelegten Minen in Sachsen
3. Lösungen, die bei der Laugung von Aschen aus der Müllverbrennung anfallen

Der Hauptschwerpunkt des **Teilvorhabens Verfahrenstechnik** innerhalb des Projektes BIOMIMIC lag in der Entwicklung eines Bioreduktionsverfahrens zur Behandlung metall- und sulfathaltiger (Bergbau)-wässer (Grubenwässer). Hintergrund für die Entwicklung eines solchen Verfahrens ist die Notwendigkeit der Aufreinigung bisher meist unbehandelter hochkontaminierter, kleiner Bergbauwasserströme, die zur erheblichen Belastung der sächsischen Fließgewässersysteme beitragen. Dabei sollte das Verfahren gleichzeitig ermöglichen, Schadelemente aus dem Wasser zu entfernen und die Wertmetalle aufzukonzentrieren, um sie zurückzugewinnen.

Ziel des **Teilvorhabens Impact** war eine Bewertung des potenziellen Nutzens der in BIOMIMIC entwickelten Verfahren hinsichtlich folgender Punkte:

- möglicher Beitrag der BIOMIMIC-Verfahren zur Versorgungssicherheit der EU mit kritischen Rohstoffen
- ökonomische Realisierbarkeit der BIOMIMIC-Verfahren
- ökologische Verbesserungspotenziale der BIOMIMIC-Verfahren und ökologische Vor- und Nachteile der BIOMIMIC-Prozesse gegenüber anderen Optionen der Abwasserbehandlung

Abschließend sollten Kosten und Nutzen gegenübergestellt sowie Optionen und Hemmnisse für eine marktnahe Umsetzung ermittelt werden.

KOOPERATION

Im ERA-MIN 2 - Verbundvorhaben BIOMIMIC arbeiteten europäische Partner aus Wissenschaft und Industrie zusammen. Neben den deutschen Partnern Fraunhofer ISI und G.E.O.S. waren folgende Partner beteiligt:

- Research Institutes of Sweden RISE (Schweden)
- Flocazur AB (Schweden)
- MTC (Schweden)

- Nordic BioEngineering AB (Schweden)
- Lulea University of Technology (Schweden)
- Fortum Waste Solutions (Schweden)
- University of Limerick (Irland)
- Geonardo Environmental Technologies (Ungarn)

ERGEBNISSE

Gesamtvorhaben BIOMIMIC

Prozesse unter Verwendung von sulfatreduzierenden Bakterien (SRB) konnten für die Behandlung von (2) und (3) erfolgreich in kleintechnischen Anlagen demonstriert werden. Zur Aufbereitung von (1) wurde eine entsprechende Anlage für ein Biosorptionsverfahren fertiggestellt, kam aber aufgrund der Covid-19-Pandemie nicht innerhalb der Projektlaufzeit zum Einsatz. Innerhalb von BIOMIMIC wurde gezeigt, dass der Prozess der Sulfatreduktion sich mit einer hohen Reinigungsleistung (> 90 %) generell sehr gut zur Schadstoffentfernung und Wertmetallkonzentration aus den favorisierten Lösungen eignet. Weiterhin wurde eine effektive Stripping-Technologie zur Entfernung von H₂S aus SRB-Prozessen im Pilotmaßstab umgesetzt. Experimente im Labormaßstab mit dem Rotschlamm-Laugungswasser zeigen, dass K über den gesamten pH-Bereich in Lösung bleibt. Al, V, Ga sind bei bestimmten pH-Werten unlöslich, so dass eine fraktionierte Fällung möglich ist und Biosorptionsprozesse im Anschluss an diese Fällung stattfinden können.

Teilvorhaben Verfahrenstechnik (G.E.O.S.)

Innerhalb dieses Teilvorhabens wurde von G.E.O.S. ein Verfahren zur Behandlung von Bergbauwässern mittels Sulfatreduktion entwickelt, welches nicht nur auf die Aufreinigung, sondern auch auf eine Metallrückgewinnung abzielt.

Das Verfahren kann mit relativ geringem regeltechnischen Aufwand unter Verwendung eines Bewegtbettreaktors betrieben werden, da es ohne Gaszufuhr auskommt. Während des Reaktorbetriebes konnten > 90 % der Metalle als Metallsulfide abgetrennt werden. Mehr als 99 % der toxischen Metalle und mehr als 60 % des Sulfates konnten entfernt werden. Eine selektive Metallfällung ist durch Integration eines Stripping-schrittes nachrüstbar, wurde aber im Testbetrieb nicht durchgeführt.

Vorteile gegenüber derzeit angewendeten physikalisch-chemischen Verfahren sind die Möglichkeit der Wertmetallrückgewinnung, die gleichzeitige Sulfatentfernung und die insgesamt deutlich geringere, nicht verwertbare Reststoffmenge (1/10). Da das Verfahren bisher allerdings noch nicht über einen längeren Zeitraum im Pilotmaßstab betrieben werden konnte, war eine Optimierung der eingesetzten Nährstoffe, Kohlenstoffquelle, Hilfsstoffe und Energie noch nicht möglich. Die Überführung des Verfahrens auf ein höheres TRL ist Voraussetzung für die weitere Optimierung und eine detaillierte Risikoabschätzung. Erst wenn Risiken und Kosten des Verfahrens hinreichend bekannt sind, kann das Verfahren bei der Evaluierung von Technologien durch potenzielle Anwender berücksichtigt werden.

Potenziell angewendet werden kann das Verfahren als Umweltverfahren zu Aufreinigung kleiner, kontaminierter Bergbauwasserströme oder zur Aufreinigung sulfat- und metallhaltiger Industrieabwässer oder Laugungswässer.



Abbildung 1: Mundloch des Verträgliches Gesellschaftstollens mit Wasseraustritt in den „Roten Graben“

Tabelle 1: Wasserzusammensetzung vor und nach der Behandlung im Bioreaktor

	Konz. vorher [mg/l]	Konz. nachher [mg/l]
SO ₄ ²⁻	290	80
Al	2.5	< 0.1
Pb	0.011	< 0.005
Cd	0.096	< 0.001
Cu	0.14	0.007
Mn	4,6	0.78
Ni	0.037	< 0.005
Zn	12	0.25

Teilprojekt Impact (Fraunhofer ISI)

Das Impact-Assessment hat gezeigt, dass alle in BIOMIMIC entwickelten Verfahren technisch in der Lage sind, Metallverunreinigungen aus den betrachteten EU-Abfallströmen zu entfernen. Der potenzielle Beitrag zur EU-Versorgungssicherheit durch Aufbereitung der betrachteten Abfallströme mit BIOMIMIC-Technologien ist allerdings eher gering. Die Verbesserung der lokalen Umweltbedingungen und damit verbundene gesetz-

liche Vorgaben sind daher Schlüsselfaktoren, um diese Verfahren in die tatsächliche Umsetzung zu bringen. Sowohl die SRB-Prozesse als auch die Biosorptionsprozesse müssen hinsichtlich ihrer ökologischen und ökonomischen Leistung verbessert werden, um eine eindeutig umweltgerechtere und wirtschaftlich realisierbare Alternative zu rein chemischen Behandlungen der in BIOMIMIC berücksichtigten Abfallströme zu werden. Für SRB-Prozesse ist die Steigerung der Energieeffizienz die wichtigste Maßnahme zur Verbesserung der Umwelt- und Wirtschaftlichkeitsbilanz, gefolgt von der Reduktion des Methanolverbrauchs. Ein weiterer potenzieller Verbesserungsansatz ist die Verwendung von Abfallströmen zur Bereitstellung von Energie und Kohlenstoff für den SRB-Prozess. Bei Biosorptionsprozessen hat Biokohle eine bessere ökologische und ökonomische Leistung als Hydrokohle, bedingt durch die notwendige Behandlung von Hydrokohle mit Hydroxiden. Neben den in BIOMIMIC analysierten Abfallströmen könnten weitere EU-Abfallströme mit BIOMIMIC-Verfahren behandelt werden. Insbesondere bei einer höheren Konzentration von Metallen (und Sulfid im Falle einer SRB-Behandlung), könnte das Impact Assessment noch deutlich positiver ausfallen.

FAZIT

Das von G.E.O.S. entwickelte Sulfatreduktions-Verfahren kann potenziell als Umweltverfahren zu Aufreinigung kleiner, kontaminierter Bergbauwasserströme oder zur Aufreinigung sulfat- und metallhaltiger Industrieabwässer oder Laugungswässer angewendet werden. Mehr als 99% der toxischen Metalle und mehr als 60% des Sulfates können auf diese Weise entfernt werden. Für eine weitere Optimierung muss das Verfahren zu höheren TRL überführt werden.

Die Aufbereitung von industriellen Abwässern bietet oftmals keine ökonomischen Gewinnmöglichkeiten für Unternehmen, selbst wenn diese Abwasserströme, wie in den hier untersuchten Fällen, versorgungskritische Metalle enthalten. Daher bedarf es gesetzlicher Vorgaben, wie beispielsweise der aktuellen EU-Wasserrahmenrichtlinie, um Abwasserbehandlungsverfahren in die Anwendung zu bringen und damit lokale Umweltprobleme zu lösen. Die BIOMIMIC Prozesse müssen weiter optimiert werden, um als eindeutig umweltgerechtere und wirtschaftlich realisierbare Alternative zu rein chemischen Behandlungen der betrachteten Abfallströme zur Verfügung zu stehen.

Projektbeteiligte:

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH

Kontakt:

Dr. Sabine Langkau, +49 721 6809498, sabine.langkau@isi.fraunhofer.de, Breslauer Str. 48, 76139 Karlsruhe
 Dr. Susan Reichel, +49 3731 369 268, s.reichel@geosfreiberg.de, Schwarze Kiefern 2, 09633 Halsbrücke

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.