

## Forschungsberichtsblatt zum Thema **Biomining BaWü: Technologie- und Marktstudie** (Biomining Konzeptstudie)

Förderzeitraum: 15.05.2021 bis 30.09.2021  
Förderkennzeichen: BWBM 21101  
Zuwendungsempfänger: Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB  
Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Projektpartner: Projektträger Karlsruhe  
Hermann-Von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

für das:  
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg  
Kernerplatz 9  
70182 Stuttgart

### **1 Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse**

Zunächst wurden die aktuell relevanten und eingesetzten Biomining-Technologien identifiziert. Anschließend wurde eine Klassifizierung vorgenommen, um die unterschiedlichen Verfahren zu unterscheiden und die Anwendungsmöglichkeiten den verschiedenen Metall- und Wertstoffvorkommen zuzuordnen. Für Baden-Württemberg gegenwärtig oder möglicherweise zukünftig bedeutsame Technologien wurden hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit bewertet.

Die relevanten Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Netzwerke, die ganz oder teilweise in Baden-Württemberg ansässig sind, wurden in einer Liste zusammengestellt. Aus Befragungen von Akteuren aus Forschung und Industrie wurden detaillierte Informationen zum Forschungsbedarf und zu den Marktanforderungen abgeleitet und mit den gegenwärtigen Prozessströmen und ökonomischen Rahmenbedingungen abgeglichen. Abschließend wurden gezielte Ansatzpunkte zur Förderung von Aktivitäten mit Bezug zu Biomining in Baden-Württemberg erarbeitet.

Wesentliche Erkenntnisse zu Möglichkeiten und Grenzen von Biomining-Verfahren für die Rückgewinnung von Metallen und Phosphor stellen sich wie folgt dar:

- Einige Biomining-Technologien sind bereits etablierte Verfahren zur Rohstoffgewinnung, bspw. Bioleaching zur Metallrückgewinnung aus festen Abfallstoffen oder die Phosphatelimination über Bioakkumulation (Bio-P) in Kläranlagen, jedoch ist eine weitere Optimierung in Richtung Effizienzsteigerung und Wirtschaftlichkeit vonnöten. Andere Verfahren, wie z.B. die Phytoremediation zur Metallgewinnung oder Entseuchung schwermetallbelasteter Böden, sind weder ökologisch sinnvoll noch ökonomisch attraktiv, da die biologischen Prozesse gegenwärtig noch

nicht schnell genug ablaufen. Bestimmte Technologien wie die mikrobielle Brennstoffzelle bergen bei weiteren Fortschritten der Forschung großes Potenzial als grüne Alternativen zu herkömmlichen Prozessen.

- Die Akteure beschreiben ihre Anforderungen an Markt und Forschung in Bezug auf Biomining als so speziell, dass eine alleinige Aktivität insbesondere als KMU nicht darstellbar ist. Es wird befürchtet, dass mögliche Erkenntnisse aufgrund sehr individueller Zusammensetzungen und Konzentrationen der Wertstoffströme nur schwer von einem Anwendungsfall auf den anderen übertragbar sind. Zudem wäre selbst bei einem technologischen Durchbruch die Nachfrage klein und die nachgefragte Form der rückgewonnenen Wertstoffe unsicher. Deshalb besteht mittelfristig keine ökonomische Nachfrage, lediglich Umweltauflagen könnten ein Interesse hervorrufen.
- Im Kontext der gesamten Recycling-Prozesskette sind ein verringerter externer Rohstoffeinsatz bei der Haldenbiolaugung, Weiterentwicklung enzymunterstützter Methoden und die Entwicklung einer kostengünstigen und robusten mikrobiellen Brennstoffzelle vielversprechende Ziele einer Förderung. Weiterhin gaben alle befragten Akteure an, einen offenen und aktiven Wissensaustausch zu unterstützen, da durch die spezifischen Anforderungen keine Konkurrenzsituation bei der Technologieentwicklung vorhanden ist.

## **2 Welche Fortschritte ergeben sich für die Wissenschaft und/oder Technik durch die Forschungsergebnisse?**

Die Forschungsergebnisse zur Ausrichtung der zukünftigen Forschung auf dem Gebiet des Biomining stellen die zentralen Fortschritte dar. Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass eine rein konzeptbasierte Forschung zur Technologieentwicklung oder Methodenverbesserung nur in den seltensten Fällen auf einen konkreten Anwendungsfall übertragbar ist. Die maßgeblichen individuellen Rahmenbedingungen der Rohstoffquellen sind zu vielfältig, als dass eine generelle Machbarkeitsstudie oder Effizienzbestimmung einen verlässlichen Beitrag zur Erschließung neuer Vorkommen leisten kann. Beispiele für diese sehr variantenreichen Bedingungen sind:

- die lokale Bodenmorphologie bzw. Schrottdichte,
- die Porosität des Boden-, Abraum- oder Schrottmaterials,
- gesamtmineralische Zusammensetzung
- Menge, Verteilung und chemische Bindung der Metalle,
- Vorkommen biologiefindlicher Spezies (Chloride, ungewollte Puffer, Toxine),
- lokale Umweltbedingungen und -bestimmungen.

Daraus resultiert die allgemeine Schwierigkeit für eine großflächige und umfängliche Implementierung von Biominingtechnologien: Im Prinzip benötigt jede einzelne Anwendung spezifisch optimierte Prozessbedingungen, um insbesondere gegenüber der wirtschaftlichen Konkurrenz durch etablierte Technologien bestehen zu können. Lediglich über eine Motivation aus Nachhaltigkeit, Ressourcenrückgewinnung und Umweltschutz lassen sich die höheren Investitions- und Betriebskosten für Biomining in der großtechnischen Umsetzung rechtfertigen. Insgesamt muss im Anbetracht dieser Rahmenbedingungen festgestellt werden, dass kein allgemeiner Forschungsbedarf zu den einzelnen Methoden formuliert werden kann. Stattdessen sollte der Fokus auf konkrete Anwendungen mit von großen Volumenstrom von verschiedenen Rohstoffquellen sowie die notwendige Grundlagenentwicklung von zukunftsorientierten Technologien, beispielsweise bioelektrische Systeme, gelegt werden sollte

## **3 Nutzen, insbesondere praktische Verwertbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen**

Da die Inhalte der Studie weitestgehend analytisch oder sachlich ausgerichtet waren, lassen sich vornehmlich die konkreten Empfehlungen zu den Fördermaßnahmen bestimmter Technologien sowie der Clusterbildung praktisch verwerten. Bei der Befragung gab es seitens der relevanten Akteure eine sehr positive Resonanz bezüglich einer Clusterbildung bei der Technologieentwicklung. Dies gilt auch über die Grenzen von spezifizierten Industriezweigen wie Galvanik, Katalysatorentwicklung, Metallschrottreycling und Abwasseraufbereitung hinweg. Zwar produziert oder behandelt jedes Unternehmen andere Abwässer, jedoch gibt es Überschneidungen bei den Anforderungen an eine profitable Rückgewinnung oder Aufreinigung. Durch die unabhängigen Endanwendungen gibt es gemäß den Aussagen der führenden F&E-Einheiten der Unternehmen keine nennenswerte Konkurrenzsituation bei der Forschung.

Deshalb besteht generell ein großes Interesse an einer Vernetzung von relevanten Akteuren an gleicher oder anderer Stelle der Prozess- und Wertstoffkette. Mehrfach wurde die Offenheit betont, an einem möglicherweise extern moderierten, multilateralen Austausch von Forschungsansätzen oder experimentell verfolgbareren Ideen zu alternativen Rückgewinnungsmöglichkeiten von Wertstoffen teilzunehmen und sich gegebenenfalls sogar aktiv einzubringen.

#### **4 Konzept zum Ergebnis- und Forschungstransfer auch in projektfremde Anwendungen und Branchen**

Die Ergebnisse der Studie dienen der Identifizierung von biobasierten Verfahren, die zur weiteren ressourcenschonenden Nutzung oder der Rückgewinnung von Metallen beitragen können. Betrachtet man die identifizierten Prozessschritte so ergibt sich daraus, dass das Gesamtverfahren und/oder ausgewählte Verfahrensschritte sich auch auf weitere Anwendungsgebiete übertragen lassen. Dies gilt insbesondere für Prozesse zur Gewinnung von technisch relevanten Metallen und Seltenen Erden oder zur Eliminierung von Schwermetallen aus industriellen Anlagen. Da biotechnologische Verfahren zunehmend Einzug in die chemische Industrie erhalten, werden hier Grundlagen geschaffen, die auch für die Adaption in anderen Bereichen genutzt werden können.

Dies beinhaltet unter anderem das Bioleaching an industriellen Rückständen (Metallrecycling): Flugasche und Schlacke aus Abfallverbrennung, Behandlung von Galvanikschlamm und anderen metallhaltigen Stoffströmen aus der Metallverarbeitenden Industrie, Gewinnung von Metallen aus Elektronikschrott im Sinne des urban mining, Behandlung metallhaltiger Wässer aus dem Bergbau. Gewinnung des Rohstoffs mittels biotechnischer Verfahren, Wasser- und Abwasserreinigung, Kreislaufwirtschaft (Anwendung zur Gewinnung von metallischen Rohstoffen aus Produktionsabfällen, Verwertung von Schrott).

Die gewonnenen Projektergebnisse dienen als Grundlage für eine anschließende öffentliche Darstellung und Diskussion. Die Projektergebnisse dienen somit auch der Erhöhung der Sichtbarkeit von Biomining in Baden-Württemberg und sollen zum Aufbau und der Förderung eines Netzwerks für Biomining-Technologien und Akteure verwendet werden.

Konkrete Empfehlungen für tiefergehende Untersuchungen lassen sich beispielsweise aus der Studie wie nachfolgende beschreiben ableiten:

- Gezielte Bioaugmentation zur doppelten Nutzung: (1) In der Metallrückgewinnung und (2) Verhinderung von pathogenen Verkeimungen in Prozessanlagen, beispielsweise in wassergemischten Kühlschmierstoffen
- Untersuchungen der Wurzel-Mikroben Interaktion im Prozess des Phytomining. Beispielsweise Interaktion zwischen Pilzen und Pflanzenwurzeln – Mykorrhiza
- Screening-Verfahren über Next-Gen-Sequencing-Genomanalysen zur gezielten Identifikation von effektiveren Organismen in einer Population oder Transkriptomanalysen zur Analyse der aktiven Gene im Metabolismus von Mikroorganismen, die zur Metallrückgewinnung beitragen