

## **Schlussbericht**

**Verbundvorhaben:**     ***MAKU – Metalle aus Mansfelder  
Kupferschlacke***

**Teilvorhaben 1:**     ***Projektkoordination,  
Verfahrensoptimierung und  
Verwertung der Projektergebnisse***

Lutherstadt Eisleben, den 30.10.2017

Mansfeld Consulting GmbH  
Projektkoordinator

Dr. sc. oec. Lutz Koch

## **Inhalt:**

### ***I. Kurzdarstellung***

- 1.0. Aufgabenstellung des Vorhabens
- 2.0. Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde
- 3.0. Planung und Ablauf des Vorhabens
- 4.0. Wissenschaftlich-technischer Stand 2014
- 5.0. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

### ***II. Eingehende Darstellung***

- 1.0. Vorhabenziele im Vergleich zu den erreichten Ergebnissen – Verwendung der Zuwendung
- 2.0. Wichtige Positionen des zahlungsmäßigen Nachweises (wird nachgereicht)
- 3.0. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit
- 4.0. Voraussichtlicher Nutzen, Verwertbarkeit der Ergebnisse (Fortschreibung des Verwertungsplanes)
- 5.0. Darstellung projektbezogener F+E-Ergebnisse Dritter während der Projektlaufzeit
- 6.0. Erfolgte bzw. geplante Veröffentlichungen der Projektergebnisse

### ***III. Anlagen***

- Erfolgskontrollbericht
- Anlagen 1-10

# **Schlussbericht Mansfeld Consulting GmbH – MAKU**

## **I. Kurzdarstellung**

### **1.0. Aufgabenstellung des Vorhabens**

Der Mansfelder Kupferbergbau wurde nach über 800 Jahren Bergbautätigkeit 1990 eingestellt. In einem 3-stufigen Produktionsprozess, Bergbau-Rohhütten-Feinhütte wurde bis 1990 Kupfer, Silber und andere NE-Metalle bzw. Produkte aus Kupfererz gewonnen. (siehe Anlage 1a)

Ein Abprodukt des Rohhüttenprozesses ist die metallhaltige Mansfelder Kupferschlacke, die seit 1990 auf 3 Großdeponien und einer Reihe von kleineren Halden mit einem geschätzten Volumen von 50-60 Mio. t im Landkreis Mansfeld-Südharz lagert. (siehe Anlage 1b, 1c und 2)

Damit stellt die deponierte Mansfelder Kupferschlacke das zurzeit wirtschaftlich ungenutzte größte metallhaltige Reststoffpotential in Deutschland dar.

Die erste Aufgabe des Gesamtvorhabens bestand deswegen zunächst darin, ein geeignetes großtechnisch nutzbares Verfahren zur wirtschaftlichen und umweltverträglichen Selektion wichtiger in der Kupferschlacke enthaltener Metalle und Seltenen Erden zu entwickeln.

In einem zweiten Schritt sollten Handlungsempfehlungen zur perspektivischen Verwertung der Reststoffe der Kupferschlacke (nach der Metallgewinnung) erarbeitet werden. Darauf aufbauend bestand die folgende Aufgabe darin, in einem 3. Schritt, ein realitätsnahes Szenarium zur restlosen industriellen Verwertung der Schlacke am Beispiel der Schlackenhalde Vatterode bzw. Helbra zu entwickeln.

In einer abschließenden Aufgabenstellung sollten Voraussetzungen für den Transfer der Projektergebnisse in den europäischen- und außereuropäischen Markt geschaffen werden.

Der Projektpartner Mansfeld Consulting GmbH hatte innerhalb des Gesamtvorhabens MAKU die Aufgaben

- Projektkoordinierung
- Verfahrensoptimierung und
- die Verwertung der Projektergebnisse

zu lösen.

## **2.0. Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

2.1. Das Forschungsvorhaben MAKU – FKZ: 033RK017A – wurde im Rahmen KMU-innovativ – Verbundvorhaben Ressourceneffizienz durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

2.2. Projektlaufzeit: 01.11.2014 – 31.10.2016  
mit kostenneutraler Verlängerung der Projektlaufzeit bis 30.04.2017

2.3. Projektpartner und Koordinatoren des Projektes

- TU Clausthal – Institut für Aufbereitung, Deponietechnik und Geomechanik – Prof. Dr. Ing. habil. E. Gock, Prof. Elwert ab 12/2016
- Loser Chemie GmbH – Dr. W. Palitzsch
- Mansfeld Consulting GmbH – Dr. sc. oec. L. Koch

Koordination des Projektes: Mansfeld Consulting GmbH

2.4. Aufgaben der Projektpartner

### 1. TU Clausthal

- Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Gewinnung ausgewählter NE-Metalle und Seltener Erden aus Mansfelder Kupferschlacke
- Erprobung und Optimierung des neu entwickelten Verfahrens im Labormaßstab und im Technikum
- Erarbeitung einer technisch-technologischen Anlagenkonzeption für das neue Verfahren einschließlich Maschinenstammbaum und Massebilanz
- Entwicklung verfahrenstechnischer Voraussetzungen für eine restlose Verwertung der Mansfelder Kupferschlacke (Handlungsempfehlungen)

### 2. Loser Chemie GmbH

- Großtechnische Erprobung des neuen Verfahrens
- Erarbeitung einer Anlagenkonzeption für eine großtechnisch nutzbare Demonstrationsanlage auf der Basis des neu entwickelten Verfahrens

- Entwicklung eines realitätsnahen Szenariums zur wirtschaftlichen Verwertung einer Schlacken-Großhalde (Vatterode, Helbra, Eisleben) gemeinsam mit der Mansfeld Consulting GmbH

### 3. Mansfeld Consulting GmbH

- Koordination des Gesamtvorhabens
- Verfahrensoptimierung – Nachweis der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens
- Verwertung der Projektergebnisse mit Szenarium zur wirtschaftlichen Verwertung (mit Loser Chemie GmbH)

## 2.5. Regionales Umfeld, Verfügbarkeit des Forschungsgegenstandes (Schlacke)

Die Mansfelder Region ist nach der Stilllegung des Mansfelder Kupferbergbaus und der Schließung der Roh- und Feinhütten verbunden mit dem Wegfall von ca. 20.000 Arbeitsplätzen seit 1990 eine strukturschwache Region mit hoher Arbeitslosigkeit und sinkenden Bevölkerungszahlen.

Alle Aktivitäten zur Schaffung neuer Arbeitsplätze, d.h. auch durch die Verwertung des in der Region vorhandenen Primär- und Sekundärrohstoffe werden durch den Landkreis Mansfeld-Südharz und das Land Sachsen-Anhalt unterstützt.

Die Schlacke-Deponien in Helbra bzw. Vatterode sind Eigentum des Landes Sachsen-Anhalt bzw. der Stadt Mansfeld. Die Eigentümer der o.g. Schlackenhalde stehen einer restlosen umweltfreundlichen industriellen Verwertung der Kupferschlacke positiv gegenüber.

Die zuständige Landesbehörde, das Landesamt für Geologie und Bergwesen, hat grundsätzlich keine Einwände gegen die industrielle Verwertung der Mansfelder Schlacke im Sinne der Vorhabens-Ziele.

## 2.6. Besondere Ereignisse während der Projektlaufzeit

Der Leiter des Projektpartners TU Clausthal – Prof. Dr. Ing. habil. E. Gock – verstarb im August 2016. Die seit Vorhabens-Beginn im Vorhaben tätige Mitarbeiterin von Prof. Gock, Frau Dr. Miganei, wechselte in 09/2016 an die Universität Toronto (Kanada). Diese Lücke konnte personell erst 12/2016 durch den Einsatz von Prof. Elwert geschlossen werden.

### **3.0. Planung und Ablauf des Vorhabens**

Die im Zeitplan enthaltenen Arbeitspakete, Workshops im Meilenstein 1 (11/14-01/16) wurden planmäßig abgearbeitet. Im Meilenstein 2 APS - Analyse der komplexen Verwertung der Mansfelder Kupferschlacke – wurden die Ziele des Vorhabens wie folgt erweitert:

Das ursprüngliche Ziel des Projektes, ausgewählte absatzfähige und damit volkswirtschaftlich relevante Metalle und seltene Erden aus der Mansfelder Kupferschlacke zu gewinnen, konnte bis 03/2016 verfahrenstechnisch gelöst werden. Dabei erwies sich die nasschemische Schlackenaufbereitung auf der Basis HCl gekoppelt mit vorlaufender mechanischer Zerkleinerung und Sortierung sowie Nachröstung als das wirtschaftlich günstigste Verfahren.

Zur Gewährleistung einer wirtschaftlich rentablen und ökologisch durchsetzbaren Verarbeitung der Mansfelder Kupferschlacke haben wir in II/ 2016 das Verfahren weiterentwickelt mit dem Ziel

- 1.1. neben den o.g. Metallen weitere absatzfähige Produkte aus der Schlacke zu gewinnen  
und
- 1.2. eine 100%ige Verwertung der Schlacke durch ein weiterentwickeltes Verfahren zu erreichen

Beide Zielstellungen konnten mit Stand 08/2016 umgesetzt werden.

Anlage 3 zeigt die weiterentwickelte technisch-technologische Konzeption für eine vollständige wirtschaftlich rentable und ökologisch akzeptable Verwertung der Mansfelder Kupferschlacke mit 4 Finalprodukten und Massebilanz.

Durch den Tod des Projektleiters der TU Clausthal, Prof. Dr. Ing. habil. E. Gock, in 08/2016 und den Wechsel seiner Projektmitarbeiterin Dr. Miganei an die Uni Toronto (Kanada) in 09/2016 konnte die weitere Optimierung des von Prof. Gock entwickelten Verfahrens zur restlosen Verwertung der Schlacke, fokussiert auf 4 verwertbare Produkte, - Metalle, Strahlmittel, Zementzumahlstoff, Dünger – zunächst nicht fortgesetzt werden. Diese Lücke konnte durch die TU Clausthal erst im Dezember 2016 durch die Mitarbeit von Prof. Elwert und Herrn Knittel, später Dr. Kähler, am Vorhaben geschlossen werden.

Beide Sachverhalte (Erweiterung des Verfahrensziels und Tod Prof. Gock) führten zu Zeitverzögerungen in der Vorhabens-Umsetzung und zu der Verlängerung der Projektlaufzeit bis zum 30.04.2017.

Die geplanten Kosten des Vorhabens wurden durch die Projektpartner eingehalten.

#### **4.0. Wissenschaftlich-technischer Stand 2014**

- Untersuchungen zur hydrometallurgischen Aufarbeitung der Mansfelder Kupferschlacke lagen nicht vor, da bisher davon ausgegangen wurde, dass die glasartige Struktur der Mineralkomponenten und die damit verbundene Schwerlöslichkeit einer Gewinnung durch Laugung entgegenstehen. Davon abgeleitet gingen in der Vergangenheit alle Überlegungen zur Rückgewinnung der Metalle aus der Mansfelder Kupferschlacke von einem pyrometallurgischen Lösungsansatz aus. Die dabei notwendigen hohen Schmelzkosten gekoppelt mit den geringen Metallgehalten in der Schlacke sind aktuell und perspektivisch wirtschaftlich nicht darstellbar und damit auszuschließen.

Eine Rückgewinnung der in der Kupferschlacke enthaltenen NE- Metalle, seltenen Erden und anderer Wertstoffkomponenten fand bis zum heutigen Zeitpunkt nicht statt.

Die durchgeführten Recherchen der Projektpartner ergaben, dass zur Gewinnung von NE- Metallen und seltenen Erden aus Kupferschlacken europaweit keine Patente bzw. Patentanmeldungen vorliegen.

- Die verwendete Fachliteratur aus Archiven der TU Clausthal, der BA Freiberg und des ehemaligen Mansfeld Kombinates Eisleben, sowie aus anderen Quellen ist in der Anlage 4 dargestellt.

#### **5.0. Zusammenarbeit mit anderen Stellen (Mansfeld Consulting GmbH)**

1. Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung / Wirtschaftsförderung und Bergbau – Magdeburg
2. Landkreis Mansfeld-Südharz / Standortmarketing Mansfeld-Südharz GmbH
3. Stadt Mansfeld / Gemeinde Helbra
4. MMA Mansfelder Metallaufbereitung GmbH – Helbra
5. STEAG Power Minerals GmbH – Dinslaken
6. Nickelhütte Aue GmbH – Aue (Metallverarbeitungsunternehmen)

7. UVR-FIA Verfahrensentwicklung-Umweltschutztechnik-Recycling GmbH –  
Freiberg
8. Aurubis AG – Lünen (Recyclingunternehmen / Nordrhein-Westfalen)
9. Helm Düngemittel GmbH – Hamburg
10. Albers Hansen GmbH – Hamburg (u.a. Speditionsfirma für Massengüter)
11. Peterson Control Union – Rotterdam (Logistik, Qualität, Zertifizierung und  
Risiko-Management) (Niederland)
12. Akademie für Bergbau und Hüttenwesen in Krakau (Polen)
13. KGHM Metraco S.A., Legnica, METRACO (Polen)
14. Staatliche Universität Örebro / Fakultät für Wirtschafts-, Natur- und  
Technikwissenschaften – Örebro (Schweden)
15. TU Bergakademie Freiberg / Fakultät 5 – Werkstoffwissenschaft und  
Werkstofftechnologie und Institut für Geotechnik der TU Bergakademie  
Freiberg
16. Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie
17. Montanuniversität Leoben (Österreich / Steiermark)
18. CUTEC Forschungszentrum für Rohstoffsicherung und Ressourceneffizienz –  
Clausthal-Zellerfeld
19. Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt – Köthen
20. Experten des Mansfeld Kombines / MANSFELD AG

## **II. Eingehende Darstellung**

### **1. Vorhabenziele im Vergleich zu den erreichten Ergebnissen – Verwendung der Zuwendung**

#### **1.1. Vorhabenziele**

1. Erarbeitung einer Anlagenkonzeption für eine großtechnisch nutzbare Demonstrationsanlage zur Rückgewinnung ausgewählter Metalle aus Mansfelder Kupferschlacke
2. Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur perspektivischen Verwertung, zur wirtschaftlichen Verwertung der Schlacke Reststoffe nach der Metallgewinnung
3. Erarbeitung eines realitätsnahen Szenariums zur wirtschaftlichen Verwertung der Pilothalde Vatterode für zukünftige Investoren und
4. Schaffung von Voraussetzungen für den angestrebten Transfer der Projektergebnisse (Verfahrenstransfer) in den Weltmarkt

#### **1.2. Vorhaben, Ziele im Vergleich mit den erreichten Ergebnissen**

**Ziel 1:** Entwicklung einer Anlagenkonzeption für eine industriell nutzbare Demonstrationsanlage zur Selektion ausgewählter NE-Metalle (Cu, Zn, Ni, Co, Ce) aus Mansfelder Kupferschlacke

Erreichte Ergebnisse:

1. Entwicklung eines neuen Verfahrens und darauf aufbauend einer technisch-technologischen Konzeption mit einer Erprobung im Labormaßstab und im Technikum der TU Clausthal zur restlosen Verwertung der Mansfelder Kupferschlacke mit Massebilanz (Siehe Anlage 3) und Maschinenstammbäumen (Siehe Anlage 5) für die Gewinnung von 4 Produkten aus der Schlacke (Metallkonzentrate, Strahlmittel, Zementzumahlstoff und Dünger). Damit wurde die ursprüngliche Zielstellung des Vorhabens erweitert.  
Die Erweiterung war notwendig, da eine alleinige Gewinnung und Verwertung von NE-Metallen auf der Grundlage des neuentwickelten Verfahrens nicht rentabel war und eine nur partielle Verwertung der Mansfelder Kupferschlacke umweltseitig nicht durchsetzbar ist.
2. Entwicklung einer Anlagenkonzeption für eine industriell nutzbare Demonstrationsanlage zur restlosen Verwertung der Schlacke auf der Basis der unter Punkt 1 entwickelten technisch-technologischen Konzeption war primär

eine Aufgabe der Loser Chemie GmbH, die mit Unterstützung der Mansfeld Consulting GmbH gelöst werden sollte.

Infolge der unterschiedlichen Auffassungen von Prof. Gock (TU Clausthal) und Dr. Palitzsch (Loser Chemie GmbH) zum Einsatz der chemischen Lösungsmittel – organische Lösungsmittel wie Organosulfonsäure (Dr. Palitzsch) oder anorganischer Stoffe wie Schwefel- oder Salzsäure (Prof. Gock) – im neu zu entwickelnden Aufbereitungsverfahren zur angestrebten Selektion der Metalle bzw. Seltenen Erden aus der Mansfelder Kupferschlacke, wurde im März 2016 einvernehmlich entschieden 2 getrennte Verfahrens- und Anlagenkonzeptionen mit unterschiedlichen Lösungsmitteln zu entwickeln. Im vorliegenden Schlussbericht ist die Anlagenkonzeption auf der Basis des Einsatzes von Salzsäure (Prof. Gock) mit 4 Finalprodukten als Grobkonzeption in der Anlage 10 dargestellt.

**Ziel 2:** Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur perspektivischen Verwertung der Reststoffe der Mansfelder Kupferschlacke nach erfolgter Selektion der NE-Metalle

Erreichte Ergebnisse:

Anstelle von Handlungsempfehlungen wurde die in Anlage 3 dargestellte technisch-technologische Konzeption und davon abgeleitet eine Anlagenkonzeption zum Bau einer industriell einsetzbaren Demonstrationsanlage als Grobkonzeption zur restlosen Verarbeitung der Mansfelder Kupferschlacke erarbeitet.

Diese Grobkonzeption ist unter Federführung von Dr. Koch 2017/2018 im Zuge der festgelegten Verwertungsaktivitäten mit den zukünftigen Investoren und Abnehmern der 4 Finalprodukte (STEAG GmbH, MMA Helbra, Nickelhütte Aue) schrittweise zu konkretisieren und zu verfeinern.

Die beiden o.g. Projektergebnisse sind die Basis für eine betriebswirtschaftliche Bewertung der restfreien Schlackenverarbeitung und bilden wichtiges Basismaterial für die Gewinnung von Investoren sowie zur Vorbereitung der notwendigen Investitionen zur Verwertung der Mansfelder Kupferschlacke.

**Ziel 3:** Erarbeitung eines realitätsnahen Szenariums zur wirtschaftlichen Verwertung der Mansfelder Kupferschlacke

Erreichte Ergebnisse:

Ein mögliches Szenarium zur restlosen Verwertung der Mansfelder Kupferschlacke wurde modellhaft als Algorithmus, d.h. als notwendige Schrittfolge von Einzelaktivitäten am Beispiel der Verarbeitung der Schlacke der Deponie Helbra erarbeitet. (Siehe Anlage 6)

Der Algorithmus ist auf die Verwertung anderer Schlackendeponien im Landkreis Mansfeld-Südharz übertragbar und wird 2017/2018 im Zuge der eingeleiteten Verwertung der 4 Finalprodukte konkretisiert und verfeinert.

**Ziel 4:** Schaffung von Voraussetzungen für den Transfer der Projektergebnisse in die EU und außereuropäische Länder

Erreichte Ergebnisse:

Auf der Grundlage einer Vielzahl durchgeführter Tests des neuentwickelten Verfahrens im Labormaßstab und im Technikum der TU Clausthal-Zellerfeld konnte eine deutliche Verbesserung der Qualität der 4 Finalprodukte des Verfahrens sowie eine kostenorientierte Optimierung der technisch-technologischen Konzeption erreicht werden.

Auf dieser Basis wurden als Voraussetzung für eine aktive Marktbearbeitung für die Produkte Strahlmittel, Zementzumahlstoff, Metallkonzentrat und Dünger Produktdatenblätter erarbeitet (Siehe Anlage 7) und einer Reihe von potentiellen Kunden zur Verfügung gestellt.

Das im Juni 2016 durch Dr. Koch beim Patentamt München angemeldete Verfahrenspatent

***„Verfahren zur vollständigen metallurgischen Aufbereitung von Mansfelder Kupferschlacke zur Herstellung polymineralischer Masseprodukte“***

wird bis 31.12.2017 durch das Patentamt positiv entschieden. Damit wird eine weitere Voraussetzung für einen internationalen Transfer der Projektergebnisse geschaffen.

### **3.0. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit**

Die Notwendigkeit des Vorhabens mit seiner Zielstellung -ein Verfahren zur wirtschaftlichen Verwertung der deponierten Mansfelder Rohhüttenschlacke zu entwickeln- resultiert einerseits

- aus der weltweiten Verknappung der natürlichen Lagerstättenvorkommen an NE-Metallen und anderen Mineralien sowie
- parallel dazu an einem aktuell und zukünftig steigenden Bedarf an NE-Metallen und seltenen Erden vor allem in Wachstumsbranchen

und andererseits aus der Notwendigkeit alle Möglichkeiten zur Schaffung von Arbeitsplätzen in der strukturschwachen Mansfelder Region zu nutzen.

Die erreichten Projektergebnisse und die darauf aufbauenden möglichen wirtschaftlichen positiven Effekte für die Mansfelder Region sind im Vergleich zu den in Anspruch genommenen Fördermitteln des Bundes angemessen.

#### **4.0. Voraussichtlicher Nutzen, Verwertbarkeit der Ergebnisse (Fortschreibung des Verwertungsplanes)**

##### **4.1. Kurzvorstellung der 4 Finalprodukte**

###### **Produkt 1: Strahlmittel**

Das Produkt ist als Einwegstrahlmittel im Korrosionsschutz mit einer Körnung von 0,2 - 0,5 mm, 1,0 mm und 2,0 mm absatzfähig.

**Vorteil:** Erhöhung der eingesetzten Schlackemenge und der Produktionsströme im entwickelten Durchlaufverfahren und damit Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens

Bei Einsatz von 1000 kg Schlacke können in 5 Klassen von 0,2 – 2,0 mm Körnung ca. 250 kg Strahlmittel produziert werden.

###### **Produkt 2: Zementzuschlagstoff**

Das Produkt 2 fällt im Durchlaufverfahren als nasser Zementzuschlagstoff nach der Laugung an (Calcium, Silikatrückstände). Das Produkt 2 eignet sich als Zuschlagstoff für die Herstellung als Portlandzement und Alinitzement.

Der Einsatz der Schlacke als Zuschlagstoff für die Alinitproduktion wurde nicht untersucht. (siehe Dissertation Herr Tewelde MLU Halle 2004) Alinit ist ein Spezialzement welches in Osteuropa und Russland häufig eingesetzt wird.

Hier sollten zukünftige F+E-Arbeiten mit dem Schwerpunkt – Vertiefung der vorliegenden F+E-Ergebnisse und deren industrielle Umsetzung – ansetzen.

Beim Einsatz von 1000 kg Schlacke können 738 kg Zementzuschlagstoff ausgebracht werden.

###### **Produkt 3: Metallkonzentrat (Cu, Zn, Ni, Mo, Ce)**

In der Konzeption von Prof. Gock wird ein Metallsalzkonzentrat über eine Solventextraktion (hohe Investition, hohe laufende Kosten) erreicht.

**Vorschlag TU Clausthal:** Erzeugung einer kollektiven Metallsalzlösung und Verkauf dieser Lösung als Zwischenprodukt an Dritte(Outsourcing)

**Vorteil:** Wegfall der Investitionen- und Betriebskosten der Solventextraktion

Beim Einsatz von 1000 kg Schlacke können ca. 50-60 kg Metallkonzentrat ausgebracht werden.

Die Verarbeitung der Metallsalzlösung durch die Nickelhütte Aue GmbH wird zurzeit durch das o.g. Unternehmen geprüft. Die Prüfung ist am 30.11.2017 abgeschlossen.

#### **Produkt 4 Ammonium-Magnesium-Chlorid – Dünger**

Ansatz: Die im entwickelten Durchlaufverfahren vorhandene und notwendige Chloridfracht wird zu einem NH<sub>4</sub>CL–Mg Cl<sup>2</sup> Spezialdünger für den Reisanbau veredelt. (Reis ist gegenüber nitrathaltigen Düngemitteln empfindlich). Die Abnahme des Düngers wird zurzeit durch die Helm-Düngemittel GmbH geprüft. Die Prüfung durch die Helm-Düngemittel GmbH wird am 31.12.2017 abgeschlossen. Beim Einsatz von 1000 kg Schlacke werden 380 kg Ammonium-Magnesium-Chlorid-Dünger ausgebracht.

#### **4.2. Ökonomische Bewertung**

Eine erste vorgenommene ökonomische Bewertung im I / 2016 berücksichtigte lediglich den Absatz der gewonnen ausgewählten NE-Metalle (ganz im Sinne der ursprünglichen Zielstellung des Vorhabens).

Die dabei ermittelten Betriebskosten – auf der Grundlage des entwickelten Verfahrens – lagen deutlich über den durch den Absatz der rückgewonnenen Metallkonzentrate erzielbaren Umsätzen.

Schlussfolgernd aus dieser ersten ökonomischen Bewertung im März 2016 wurde das Aufbereitungsverfahren weiterentwickelt und auf die unter 4.1. genannten 4 absatzfähigen Produkte erweitert und zusätzlich aus ökologischen Notwendigkeiten eine reststofffreie Verarbeitung der Schlacke angestrebt.

Basis für folgende vorläufige ökonomische Bewertung sind

- die erreichbaren Umsätze aus dem Absatz der 4 Produkte und
- die laufenden Betriebskosten der Produktionsanlage.
- sowie die notwendigen Investitionen zur Errichtung der Anlage

Auf der Grundlage einer aktuellen Marktanalyse können folgende Absatzmengen / a von 10,0 – 100,0 kt und folgende Preise angesetzt werden:

Produkt	Absatzmenge/a in kt	Preis je t in €	Umsatz/a in €
1. Strahlmittel	12,5	200,0	2.500.000,0
2. Zementzumahlstoff	36,9	30,0	1.107.000,0
3. Metallkonzentrat	3,0	2.000,0	6.000.000,0
4. Dünger	19,0	500,0	9.500.000,0
Summe 1- 4	71,4	3.030,0	19.107.000,0

Bei der o.g. Umsatzprognose im Erfolgsjahr wurde von einem Schlackendurchsatz von 50,0 kt/a im Erfolgsjahr ausgegangen.

Bei der Ermittlung der lfd. Betriebskosten wird abgeleitet aus dem o.g. Jahresabsatz von einem Umsatz von 1.592.250,0 € pro Monat ausgegangen.

Bei einer angestrebten Rendite von 5,0 %, dass entspricht einem Monatsgewinn von 79.612,50 €, darf bei der Kalkulation der lfd. Betriebskosten eine Kostenobergrenze von 1.512.638,00 € pro Monat nicht überschritten werden.

Innerhalb der Betriebskosten werden folgende Kostenkomplexe in der Rangfolge dominieren:

- Kosten für prozessspezifische Grund- und Hilfsmaterialien (Schlacke, Salzsäure, Kalk etc.)
- Energiekosten
- Personalkosten
- Instandhaltungskosten
- Transportkosten
- Abschreibungen und Zinsen
- Sonstige Kosten

Die exakte Ermittlung der o.g. Betriebskosten pro Monat auf der Grundlage einer festgelegten Durchsatzgröße von 54.000 t Schlacke pro Jahr setzt eine detaillierte Investitionsplanung der zu errichtenden Aufbereitungsanlage voraus und ist im Rahmen des up scaling Prozesses umzusetzen.

### **4.3. Stand der Marktbearbeitung**

In den letzten Monaten wurden eine Reihe von potenziellen Abnehmern der 4 Finalprodukten Produktproben und entsprechende Produktdatenblätter im Rahmen von Kundengesprächen übergeben bzw. Konsultationen mit den Unternehmen geführt bzw. vereinbart. (Siehe Erfolgskontrollbericht)

Aktuell wird mit nachstehenden Kunden konkret über die Abnahme der 4 Schlackenprodukte verhandelt:

1. Steag GmbH Dinslaken - Strahlmittel, Zementzumahlstoffe

- |                                   |   |  |
|-----------------------------------|---|--|
| 2. Nickelhütte Aue                | - | Metallkonzentrate in fester bzw. in flüssiger Form |
| 3. Helm- Düngemittel GmbH Hamburg | - | Ammonium- Mg-Chlorid-Dünger                        |

In der Anlage 9 wird als Beispiel der aktuelle Stand der Gespräche mit der Steag GmbH zum Absatz von Schlacke zur Herstellung von Strahlmitteln und Zementzuschlagstoff kurz skizziert.

Die Projektpartner streben nach Abschluss der Projektarbeit 2017 gemeinsam mit potentiellen Investoren die Errichtung der Demonstrationsanlage an einem geeigneten Standort in der Mansfelder Region an. Die größten Chancen sehen wir aktuell in der Errichtung einer Anlage zur Produktion von Strahlmittel und Zementzuschlagstoffen 2019/2020 am Standort Helbra in Kooperation mit der STEAG GmbH und regionalen Unternehmen.

Die angestrebte nationale und europaweite Vermarktung der Projektergebnisse im Rahmen eines Verfahrenstransfers soll nach Abschluss des Projektes insbesondere in den Ländern Polen, Schweden und Finnland sowie in den NE-Metallurgie-Zentren der GUS unter Federführung der GbR Projektservice gemeinsam mit der TU Clausthal bei Nutzung des Verfahrenspatentes 2018/2019 erfolgen.

Weitergehende bereits voruntersuchte Einsatzmöglichkeiten der Mansfelder Kupferschlacke in der Bauindustrie, dem Straßenbau, der Glasindustrie, der Abfallwirtschaft etc. sind im Überblick in der Anlage 8 dargestellt.

Unter der Federführung der GbR Projektservice Eisleben sollen – über das Projekt MAKU hinausgehend – 2018/2019 diese Einsatzmöglichkeiten mit finanzieller Unterstützung des Landkreises Mansfeld-Südharz bzw. des Bundeslandes Sachsen-Anhalt weiter untersucht werden.

### ***5.0. Darstellung projektbezogener F+E-Ergebnisse Dritter während der Projektlaufzeit***

Den Projektpartnern sind nach entsprechenden Recherchen während der Laufzeit des Projektes keine Fortschritte bei der Verwertung von NE-metallhaltiger Schlacke bekannt geworden.

### ***6.0. Erfolge bzw. geplante Veröffentlichungen der Projektergebnisse***

- Vortrag Prof. Gock anlässlich der Berliner Konferenz „Mineralische Nebenprodukte und Abfälle“ in Berlin am 20./21.06.2016 (Konferenzmaterial)

- Geplante Veröffentlichung in Buchform  
Arbeitstitel: „Quo Vadis Mansfeld“ im Jahr 2018  
Verfasser: Projektmitarbeiter MAKU
- Veröffentlichung der Projektergebnisse in der Unternehmerzeitschrift Mansfeld Echo bzw. den Freiburger Forschungsheften der TU BA Freiberg im 1. Halbjahr 2018