

## Machbarkeitsstudie

Title:

*„Reaktivierung des Mansfelder Kupferbergbaus und Rückgewinnung von Metallen aus Bergbauhalden des Mansfelder Kupferbergbaus“*

No: 4.2.9



Magdeburg, Dezember 2009

Vorstand BdU e.V.

Dr. sc. oec. L. Koch



## **Machbarkeitsstudie**

### **Reaktivierung des Kupferbergbaus im Sangerhäuser Revier und Gewinnung von Metallen aus Kupferbergbauhalden der Mansfelder Region**

#### **A - Studie zur Reaktivierung des Mansfelder Kupferbergbaus**

##### **Inhalt:**

- I. Aufgaben und Zielstellung der Machbarkeitsstudie
- II. Geschichtlicher Abriss und Spezifika des Mansfelder Kupfer-Bergbaus
- III. Darstellung der betriebswirtschaftlichen Effizienz bei der Erschließung, dem Abbau und der Aufbereitung des Kupfererzes der Lagerstätte Baufeld Haldungen
  1. Vorstellung der Lagerstätten „Baufeld Haldungen und Osterhausen“
  2. Definition der Basisvariante für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
  3. Darstellung des Investitionsaufwandes zur Erschließung der Lagerstätte Haldungen
  4. Ermittlung der laufenden Betriebskosten beim Abbau der Lagerstätte Haldungen
  5. Ermittlung des Investitionsaufwandes und der Betriebskosten beim Bau bzw. Betrieb der Aufbereitungsanlage des Haldunger Kupfererzes
  6. Zusammenfassende Darstellung in einer Gewinn- und Verlustrechnung
  7. Ermittlung des break-even-point über Variierung der Kupfer- und Silber-Preise
- IV. Best-case-scenario des Vorhabens
- V. Bewertung der Ergebnisse der Studie
  1. Betriebswirtschaftliche Bewertung
  2. Volkswirtschaftliche Bewertung der Wiederaufnahme des Kupferbergbaus
- VI. Sicherung von Dissemination und Nachhaltigkeit der Machbarkeitsstudie

## I. Aufgaben und Zielstellung der Machbarkeitsstudie

Im Rahmen des transnationalen EU-Projektes „Resource“ erhielt der Projektträger PP 3 – das Bildungswerk der Unternehmerverbände Sachsen-Anhalt e.V. – die Aufgabe, im Jahr 2009 eine Machbarkeitsstudie für

1. die Erschließung und den Abbau bisher im Mansfelder Revier nicht genutzter Kupfererzlagerstätten und
2. die Gewinnung von Metallen aus Bergbauhalden des Mansfelder Altbergbaus

anzufertigen.

Am Beispiel der bisher nicht erschlossenen Lagerstätte „Baufeld Heldringen“ (siehe Anlagen 1/1 und 1/2) wird das Ziel verfolgt, unter Berücksichtigung der aktuellen technisch-technologischen Möglichkeiten und Marktentwicklungen (Preise) die Kosten für

- die untertägige Erschließung und
- den Abbau der Lagerstätte

sowie die Verarbeitung des gewonnenen Cu-Erzes zu einem verkaufsfähigen Konzentrat zu ermitteln und den Erlösen aus dem Absatz der Konzentrate gegenüber zu stellen.

Dabei werden die betriebswirtschaftlichen Zielgrößen in zwei Varianten

- einer aktuell realistischen Basisvariante sowie
- einer best-case-Variante

ermittelt.

Die Übertragbarkeit der Kosten- und Erlöskalkulation auf vergleichbare Kupfererz-Lagerstätten ist zu gewährleisten.

Die Ergebnisse der Studie werden abschließend betriebswirtschaftlich und volkswirtschaftlich bewertet.

Die Machbarkeitsstudie „Gewinnung von Metallen aus Bergbauhalden“ verfolgt das Ziel ausgehend von

- einer Ermittlung des zukünftig real verwertbaren Haldenmaterials und
- der Darstellung des rückgewinnbaren spezifischen und absoluten Metallinhalts

die Kosten und Erlöse bei der Verarbeitung des Haldenmaterials zu einem absatzfähigen Kupferkonzentrat und dessen Absatz zu ermitteln. Dabei sind die Kosten und Erlöse ebenfalls in einer Basisvariante und best-case-Variante darzustellen. Die Bewertung der wirtschaftlichen Chancen und Risiken bei der Gewinnung von Metallen aus Bergbauhalden schließt diese Studie ab.

## **II. Geschichtlicher Abriss und Spezifika des Mansfelder Kupferbergbaus**

### **Entdeckung**

Im Jahre 1199 sollen zwei aus Goslar stammende Bergknappen – Nappian und Neucke – den ersten Kupferschiefer in der Mansfelder Region auf dem heutigen Kupferberg in Hettstedt entdeckt haben. Cyriacus Spangenberg berichtet darüber in seiner „Mansfeldischen Chronica“ aus dem 16. Jahrhundert. Sicherlich wusste zu diesem Zeitpunkt noch niemand, dass sich aus diesem Ereignis eine über 800 Jahre und bis heute noch nachhaltig wirkende Tradition des Kupferschieferbergbaus, der Kupferverhüttung und schließlich der Kupferhalbzeugherstellung entwickeln und die Region und ihre Menschen in ganz bedeutendem Maße beeinflussen würde. Dieses Ereignis war zudem der Ausgangspunkt für eine gewaltige Entwicklung der Produktivkräfte des Berg- und Hüttenwesens im mitteleuropäischen Raum.

### **Geochemie**

Der Kupferschiefer im Mansfelder Bergbau ist ein durchschnittlich nur 34 bis 40 cm mächtiger mit Bitumen durchsetzter Mergel, der im Verlaufe von rd. 10.000 Jahren vor ca. 200 Millionen Jahren als mehrlagiges Sediment aus dem Faulschlamm eines Zechsteinmeeres gebildet wurde. Nachfolgende geologische Formationen verfestigten diesen Faulschlamm durch die Überlagerung mit Kalk, Anhydrit, Steinsalz und Kalisalz. Das so entstandene Kupferschieferflöz führt in wechselnden Mengen sulfidische Erzminerale (Bornit, Chalkosin, Chalkopyrit, Sphalerit, Galenit u.a.), die vor allem Kupfer, Blei, Zn und Silber sowie etwa 50 Spurenelemente enthalten. Obwohl der Gehalt für Kupfer im Erz nur zwischen 0,2 und 2,9 %, für Blei zwischen 0,4 und 0,9 %, für Zink zwischen 0,5 und 1,9 % und für die übrigen Wertstoffe im ppm-Bereich lag, wurden aus den in 790 Jahren Bergbaugeschichte geförderten etwa 109 Mill. t Kupferschiefer 2,6 Mill. t Kupfer und 14.200 t Silber ausgebracht.

### **Lagerstätte**

Der südöstlich im Harzvorland – in den beiden Revieren Mansfelder und Sangerhäuser Mulde – gelegene Kupferschieferbergbau gehörte zu den am längsten aktiven Bergbaurevieren der Welt. Bereits 1364 war die Ausdehnung der Lagerstätte hinreichend bekannt und der Kupferschieferbergbau wurde von Beginn an, wenn auch mit Unterbrechungen, in beiden Bergbaurevieren betrieben.

Der Abbau des Kupferschiefers erfolgte in Richtung des Lagerstättentiefsten in mehreren Etappen. Anfangs konnte das Erz nur von übertage dem Erzgang folgend – mit den zu diesem Zeitpunkt bekannten einfachen technischen Mitteln – mühsam per Hand abgebaut werden. Die geologische Gestaltung der Kupfererzlagerstätte in der Mansfelder Mulde brachte es mit sich, dass auf Grund dieser Abbaumethode am Muldenrand unzählige Halden entstanden sind und der Landschaft – heute denkmalgeschützt – ihr besonderes Gepräge gegeben haben. Die erste große Blütezeit des Mansfelder Kupferschieferbergbaus und der Verhüttung wurde zwischen 1200 und 1620 erreicht.

Mit den Möglichkeiten des Bergbautiefbaus, durch das Anlegen von Schächten dem vorgefundenen Sohlenniveau folgend, erhielt der Bergbau schrittweise die jetzt bekannten Flächenausdehnungen und sicherte damit den steigenden Bedarf an Kupfererz. Mit der Inbetriebnahme der ersten Tiefbau-Großförderanlagen für die Förderung des Mansfelder Kupferschiefererzes in der Mitte des 19. Jahrhunderts wuchsen die Erzmengen bedeutend an.

Die Geschichte des Kupferschieferbergbaus wird durch folgende Entwicklungsstufen beschrieben:

Zeitraum 1200 – 1699 (500 Jahre):

Erzförderung mittels unzähliger kleiner Schächte und Stollen direkt am Ausgehenden mit hohen Schwankungen in den Erzmengen (Mansfelder und Sangerhäuser Revier)

Zeitraum 1700 – 1749 (50 Jahre):

Förderung mittels Schächte mit einer Tiefe von 50 bis 100 m / Entwässerungsstollen bereits erforderlich (Glückauf-Stollen / Froschmühlenstollen / Erdeborner Stollen)

Zeitraum 1750 – 1799 (50 Jahre):

Abbaufelder in einer Tiefe von 50 bis 100 m / vereinzelt Abbaufelder aber auch in Tiefen über 100 m anzutreffen / weitere Erhöhung der Förderung

Zeitraum 1800 – 1849 (50 Jahre):

Abbaufelder verlagern sich signifikant in Tiefen bis ca. 130 m / Beginn der Auffahrung des Schlüsselstollens mit der Zielstellung die Wasserproblematik für die gesamte Mansfelder Mulde zu lösen (1879 Auffahrung beendet / 31 km Länge)

Zeitraum 1850 – 1899 (50 Jahre):

Bis 1862 waren mit zwei Ausnahmen, den Tiefschächten Martins-Schacht und Zimmermann-Schacht, die Abbaufelder unterhalb des Schlüsselstollens noch unverritz. Nach 1862 wurden weitere Tiefschächte unterhalb des Schlüsselstollens und der 5. Sohle bis – 235 m NN im Mansfelder Revier und unterhalb der Seegen-Gottes-Sohle im Sangerhäuser Revier angelegt. 1885 wurde die Förderung im Sangerhäuser Revier völlig eingestellt.

Zeitraum 1900 – 1950 (50 Jahre):

Erzproduktion nur noch im Mansfelder Revier. Zu Beginn dieser Periode wurde zunächst noch auf Füllortniveau die Gewinnungsarbeit im Abbaufeld bis zur 5. Sohle betrieben. Die Produktion wurde nun immer stärker auf die Schachtanlagen Paul (Otto-Brosowski-Schacht), Wolf (Fortschritt-Schacht I) und Vitztum (Ernst-Thälmann-Schacht) verlagert, denn dort konnten die Baufelder bis zur 11. Sohle (- 611 m NN) und 12. Sohle (- 675 m NN) aufgefahren werden.

Zeitraum 1951 – 1990 (40 Jahre):

In diesen Zeitraum fiel das Auslaufen der Kupfererzförderung im Mansfelder Revier mit der schrittweisen Schließung der Großschächte (1962 – Ernst-Thälmann-Schacht / 1964 – Max-Lademann-Schacht / 1967 – Fortschritt-Schacht I / 1969 - Otto-Brosowski-Schacht) und die Neuaufnahme im Sangerhäuser Revier, die 1951 mit der Produktionsaufnahme auf dem Thomas-Münzer-Schacht begann. Bohrerkundungen in den Jahren um 1930 bis 1940 führten 1944 zum Beginn der Teufarbeiten für diese Schachanlage. Weitere Schachanlagen wurden errichtet: Koenen I und II (Niederröblingen und Nienstedt), Brücken I und II und Mönchpiffel.

Erz, Kupfer und Silber – Produktion von 1200 bis 1990

	Erz	Kupfer (Cu)	Silber (Ag)
Zeitraum	t	t	t
1200 – 1849			
Mansfelder Mulde	9.310.000	275.300	1.388
Sangerhäuser Revier	620.000	15.000	77
<b>Summe</b>	<b>9.930.000</b>	<b>290.300</b>	<b>1.465</b>
1850 – 1990			
Mansfelder Mulde	71.450.000	1.734.500	9.723
Sangerhäuser Revier	27.520.000	604.200	3.025
<b>Summe</b>	<b>98.970.000</b>	<b>2.338.700</b>	<b>12.748</b>
1200 – 1990			
Mansfelder Mulde	80.760.000	2.009.800	11.111
Sangerhäuser Revier	28.140.000	619.200	3.102
<b>Gesamtsumme</b>	<b>108.900.000</b>	<b>2.629.000</b>	<b>14.231</b>

1967 wurde die höchste Jahresproduktion seit Bestehen des Mansfelder Kupferschieferbergbaus erreicht (30.615 t Kupfer / 153 t Silber). Seit diesem Zeitpunkt ging die Produktion ständig zurück.

Am 9. August 1990 – im Zuge der politischen Wende und der Umgestaltung der DDR-Wirtschaft – erfolgte die Einstellung des Kupferschieferbergbaus. Das Mansfelder / Sangerhäuser Revier – die bedeutendste Kupfererzlagerstätte Deutschlands und gleichzeitig die größte Silberlagerstätte Europas – hatte aufgehört zu existieren. In 650 Jahren von 1199 bis 1849 wurden etwa 10 % der Gesamterzfördermenge aus den Lagerstätten gewonnen und weiter verarbeitet. In den folgenden 140 Jahren von 1850 bis zum Ende des Bergbaus 1990 wurden dagegen die übrigen 90 % produziert, ein deutliches Indiz für enorme technische Entwicklungen im Kupferschieferbergbau in der jüngsten Vergangenheit.

**Verhüttung**

In den Anfängen des Kupferschieferbergbaus wurde das Kupfererz lediglich abgebaut und Handel damit getrieben.

Die Entwicklung von Hüttenbetrieben war mit der Forderung verbunden, den Metallinhalt des Kupferschiefers komplex zu nutzen. Die daraus entstandene Vielstufigkeit des technologischen Prozesses gestattete die Verarbeitung von Rohstoffen unterschiedlicher Herkunft, Menge und Zusammensetzung, also

sulfidische, oxidische und metallische Materialien mit Gehalten sämtlicher NE-Metalle. Dem Ringen um die Gewinnung aller bedeutenden Wertkomponenten im Kupferschiefererz wurde höchste Bedeutung beigemessen. Mit dem im Verlaufe der Jahrzehnte – vor allem in den letzten 80 Jahren – ständig weiter entwickelten sogenannten Mansfeld-Prozess gelang es, aus dem polymetallisch vererzten Kupferschiefer insgesamt 23 Wertkomponenten industriell nutzbar zu machen. Neben den bereits aufgeführten Hauptprodukten Kupfer, Blei, Zinn und Silber müssen hier genannt werden: Gold, Palladium, Schwefel, Selen, Arsen, Molybdän, Kobalt, Nickel, Platin, Rhenium, Gallium, Vanadium und Germanium. Damit stand der Kupferschiefer als Lieferant und sein Verhüttungsgang zum Ausbringen der genannten Wertstoffe weltweit einmalig da und wurde von keiner anderen großtechnisch ausgebeuteten Lagerstätte und von keinem auf einen einzigen Rohstoff basierenden Prozess auch nur annähernd erreicht.

Mit der Errichtung von Großförderanlagen im Mansfelder Bergbaurevier wurden größere Hüttenkapazitäten erforderlich. Am 25. April 1870 ging in Eisleben als erste Rohhütte die Krughütte in Betrieb und am 1. Oktober 1880 nahm die Kochhütte in Helbra als zweite Rohhütte ihre Produktion auf. Im Rohhüttenprozess (Helbra und Eisleben) wurde das Kupferschiefererz mit Rückläufen und Fremdmaterial zu einem Rohstein (Kupfer-Eisen-Schwefel-Verbindung) mit einem Kupfergehalt von rd. 40 % verschmolzen. Der im Zusammenhang mit der Abbau-Mechanisierung zunehmenden Zerkleinerung des Vorlaufmaterials wurde über eine Brikettierung des Feinerzes entgegengewirkt. Eine Anlage zur Heißwinderzeugung erhöhte die Effektivität des Rohhütenschachtofen-Prozesses. Die im Vorherd entstehende Ofensau musste mechanisch und metallurgisch aufbereitet werden, um die darin enthaltenen Wertstoffe Kupfer, Nickel, Kobalt, Molybdän und Rhenium verwerten zu können.

1872 wurde durch die Inbetriebnahme von zwei Raffinieröfen auf dem Gelände der Gottesbelohnungshütte der Grundstein für die Kupfer-Silber-Hütte als Feinhütte gelegt. Der stückige Rohstein wurde zuerst in einem Schachtofen eingeschmolzen und im Bessemer-Konverter mit Sauerstoff angereichertem Wind zu Schwarzkupfer verblasen. Die dabei entstandenen Abgase wurden in der Kontaktanlage zur Gewinnung von Schwefelsäure genutzt. In den Raffinieröfen wurde das Schwarzkupfer mit geeignetem Sekundärmaterial zu Anodenkupfer verarbeitet. In der nachfolgenden Elektrolyse wurden daraus Cu-Katoden als Ausgangsmaterial für die Halbzeugherstellung produziert. Mit dem Bau der ersten Kupferelektrolyse im Mansfelder Land wurde 1876 nach dem Umbau der 1873 stillgelegten Oberhütte in Eisleben begonnen. Diese 1908 eingestellte Anlage produzierte maximal bis zu 2.000 t Elektrolytkupfer/Jahr. Hier wurden erstmalig aus dem Anodenschlamm des Elektrolysebades Gold und Nickel gewonnen.

Die Jahrhunderte währenden Verhüttungsverfahren endeten folgerichtig mit dem Auslaufen des Kupferschieferbergbaus am 9. August 1990. Diese Vorgänge wurden zusätzlich beschleunigt infolge der umweltrelevanten Belastungen der Hüttenprozesse. So erfolgte die Schließung der Bessemerie bereits am 31. Dezember 1989. Die letzte Rohhütte in Helbra stellte am 10. September 1990 den Betrieb ein. Der Mansfeld-Prozess war zu Ende.

### III. Darstellung der betriebswirtschaftlichen Effizienz bei der Erschließung, dem Abbau und der Aufbereitung des Kupfererzes der Lagerstätte Baufeld Heldrungen

#### 1. Vorstellung der Lagerstätten „Baufeld Heldrungen und Osterhausen“

Im Lagerstättenrevier Eisleber Mulde wurden von 1200 bis 1969 rund 81,0 Mio. t Erz mit 2,0 Mio.t Kupfer und 11.111 t Silber abgebaut. Es liegen keine abbau- und schmelzwürdigen Vorräte mehr vor. Das Grubenfeld wurde geflutet und die Schächte verfüllt mit Ausnahme von Schächten, die für die Kontrolle der noch funktionstüchtigen Entwässerungsstollen notwendig sind.

Im Lagerstättenrevier Sangerhäuser Mulde fand von 1200 bis 1899 nur sporadisch Bergbau statt. In dieser Zeit wurden lediglich 860.000 t Kupferschiefererz mit 20.800 t Kupfer und 109 t Silber abgebaut.

Erst ab 1951 erfolgte eine bedeutende Erzförderung in diesem Lagerstättenrevier. So sind in den Schachtanlagen „Bernhard Koenen“ und „Thomas Münzer“ zwischen den Jahren 1951 bis 1990 insgesamt 27,3 Mio.t Kupferschiefererz mit einem Metallinhalt von 598.000 t Kupfer und 2.993 t Silber abgebaut worden.

Der Bergbau in der Sangerhäuser Mulde wurde 1990 eingestellt.

Außerhalb des ehemaligen Grubenareals liegen im Sangerhäuser Bergbaurevier ohne Verbindung zum gefluteten ehemaligen Grubenfeld und etwa 20 km voneinander entfernt die Baufelder „Heldrungen“ und „Tiefscholle Osterhausen“. Die Kennziffern zu den Erz- und Metallmengen basieren auf geologischen Erkundungsergebnissen des Mansfeld Kombines 1976-1988:

<b>Baufeld</b>	Fläche km <sup>2</sup>	Erzmenge Mio.t	Metallinhalt Kupfer t	Metallinhalt Silber t	Metallinhalt Blei t	Metallinhalt Zink t
<b>Heldrungen</b>	13,2	10,0	300.000	1.280	18.900	20.600
<b>Osterhausen</b>	6,3	6,6	125.000	610	17.400	15.400

Erschließung und Abbau der Baufelder „Heldrungen“ und „Tiefscholle Osterhausen“ sind technisch jederzeit möglich, erfordern aber einen erheblichen Aufwand an Investitionen. Die Endteufen der notwendigen Schächte liegen im Baufeld „Heldrungen“ je nach Ansatzpunkt bei 750 bzw. 1.000 m, im Baufeld „Tiefscholle Osterhausen“ bei 750 m.

Der wirtschaftlich begründete Lagerstättennutzungsgrad der Lagerstätte Heldrungen liegt bei 56% der Bilanzvorräte. Daraus resultiert eine Erzförderung mit einem Kupferinhalt von 160.450 t.

## 2. Definition der Basisvariante für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Bei der Ermittlung der Kosten und Erlöse beim Aufschluss, Abbau und der Aufbereitung des Kupfererzes aus Haldungen wurde im Rahmen einer realistischen Basisvariante von nachstehenden Kennzahlen und Parametern ausgegangen:

1. Laufzeit des Schachtes Haldungen	20 Jahre
2. Investitionsvolumen zum Aufschluss der Lagerstätte Haldungen und der Aufbereitungsanlage	350,0 Mio.€
3. Finanzierungsmodell-Investitionen	
Finanzierung gesamt	350,0 Mio.€
davon a) Kredite	310,0 Mio.€
b) Investitionszulagen und Investitionszuschüsse	40,0 Mio.€
4. Abschreibungspflichtige Investitionen	327,5 Mio.€
5. Abschreibungsmethode	zeitabhängig / linear
6. Produktivität / Abbauleistung <sup>1)</sup>	3,5 m <sup>2</sup> / Mann u. Schicht
7. Personaleinsatz Schacht Haldungen während der Laufzeit	1.736 Mitarbeiter
8. Betriebsmittelkredit Schacht Haldungen während der Laufzeit	10,0 Mio.€
9. Erzverarbeitung/Jahr in der Aufbereitungsanlage während der Laufzeit (20 Jahre)	296.750 t/a
10. Ausbringen der Aufbereitungsanlage	80 %
11. Cu-Konzentrat/Jahr während der Laufzeit (20 Jahre)	32.090 t/a
12. Erlöse beim Verkauf der Konzentrate	9.000 \$/t (rd. 6.000 €/t Kupfer im Konzentrat bei Umrechnungskurs 1:1,5)

Parallel zur Basisvariante werden zwei weitere Varianten mit Laufzeiten einer Schachanlage von 15 Jahren bzw. 26 Jahren untersucht und dargestellt.

<sup>1)</sup> Die Basisvariante geht von den für das Baufeld Haldungen 1988 vorgesehenen Abbaufahren Geradstreb (Flächenanteil etwa 90%) und Schälrschrappertrebbau (Flächenanteil etwa 10 %) aus. Der Ansatz von 3,5 m<sup>2</sup> / Mann und Schicht bedeutet gegenüber dem Stand von 1988/89 eine Steigerung der Abbauleistung um 17,4 %. Durch die gleichzeitig angesetzte Reduzierung des Gesamtpersonals von ursprünglich 2.616 auf 1.736 Beschäftigte (minus 33,6 %) sowie die Konzentration des Abbaus der Lagerstätte von ursprünglich 26 auf 20 Jahre steigt die Produktivität je Gesamtbeschäftigten auf 195,9 % gegenüber den 1988/89 für den Abbau der Lagerstätte Haldungen konzipiertem Niveau (siehe Anlage 9).

### 3. Darstellung des Investitionsaufwandes zur Erschließung der Lagerstätte Haldungen – Basis Studie Schachtbau Nordhausen

#### 3.1. Investitionshöhe und Investitionsstruktur (Mio.€) (siehe Anlage 2 / Vorstudie Schachtbau Nordhausen)

- Infrastruktur (über Tage)	5,0
- Fahr- und Förderschacht	120,0
- Wetterschacht	100,0
- Untertägige, bergbauliche Aus- und Vorrichtung	27,0
- Ausrüstung unter Tage	20,0
<b>Bergbau gesamt</b>	<b>272,0</b>
- Erzaufbereitungsanlage	30,0
- Sonstige / Reserve / nicht Spezifizierbares	48,0
<b>Investitionen gesamt</b>	<b>350,0</b>

#### 3.2. Realisierungsdauer der Investition:

7 Jahre

#### 3.3. Investitionen nach Jahresscheiben (in Mio.€):

	Brutto	Netto <sup>1)</sup>	Basis-Afa <sup>2)</sup>
1. Jahr	21,0	18,6	19,7
2. Jahr	24,0	21,3	22,5
3. Jahr	32,0	28,4	30,0
4. Jahr	42,0	37,2	39,3
5. Jahr	68,0	60,2	63,6
6. Jahr	82,0	72,7	76,8
7. Jahr	81,0	71,6	75,6
<b>Summe</b>	<b>350,0</b>	<b>310,0</b>	<b>327,5</b>

<sup>1)</sup> 40 Mio.€ Fördermittel gesamt entsprechen einer 11,4%igen Reduzierung der Investitionssumme

<sup>2)</sup> die Gesamtförderung (11,4 %) teilt sich auf in:

5,0 % Investitionszulage = 17,5 Mio.€

6,4% Investitionszuschüsse = 22,5 Mio.€ (GA-Mittel wirken AfA reduzierend)

### 3.4. Finanzierungsmodell Investition (siehe Anlage 3)

1. 40 Mio.€ Förderung zur Schaffung von ca. 1.750 Arbeitsplätzen aus Mitteln der Gemeinschaftsaufgabe und aus der Investitionszulage wird unterstellt. Diese Fördermittelhöhe wurde gemäß Richtlinie des Wirtschaftsministerium Sachsen Anhalt über die Gewährung von Zuwendungen aus Mitteln der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“ vom 01.09.2009 ermittelt.
2. Die ersten drei Jahre nach Fertigstellung sind für das Investitionsdarlehen tilgungsfrei (Jahre 8 bis 10).
3. Die Tilgung erfolgt innerhalb vom 11. bis zum 20. Jahr zu gleichen Raten in Höhe von 31,0 Mio.€ je Jahr.
4. Zinssatz: 5 % pro Jahr

Finanzierung des notwendigen Investitionsvolumens von **350,0 Mio.€** durch

1. Nutzung einer Investitionszulage von 5,0 % = 17,5 Mio.€
2. Bereitstellung von 6,4 % Investitionszuschüssen = 22,5 Mio.€
3. Bereitstellung eines Kredites in Höhe von 310,0 Mio.€

## 4. Ermittlung der lfd. Betriebskosten beim Abbau der Lagerstätte Haldungen

4.1. Wichtige Kennzahlen - Förderung nach 3 Varianten der Schachtlaufzeit / Nutzungsdauer (Variante 2 = Basisvariante)

Fördermenge	Schachtlaufzeit		
	Variante 1 26 Jahre	<b>Variante 2 BV*</b> <b>20 Jahre</b>	Variante 3 15 Jahre
Kupfererz gesamt in t	5.935.000	5.935.000	5.935.000
Kupfererz pro Jahr in t	228.300	<b>296.750</b>	395.667
Cu-Inhalt im Erz (gesamt) in t	160.450	<b>160.450</b>	160.450
Cu-Inhalt im Erz (pro Jahr) t	6.171	<b>8.022</b>	10.697
Abbau m <sup>2</sup> gesamt	7.260.000	<b>7.260.000</b>	7.260.000
Abbau m <sup>2</sup> pro Jahr	279.230	<b>363.000</b>	484.000
Leistung in m <sup>2</sup> /Mann und Schicht	3,5	<b>3,5</b>	3,5

\* BV = Basisvariante

#### 4.2. Laufende Betriebskosten pro Jahr

##### 4.2.1. Abschreibungen / Jahr

- Basis: Investitionssumme ( 350,0 Mio.€) – Investitionszuschüsse ( 22,5 Mio.€)  
Daraus folgen abschreibungspflichtige Investitionen von 327,5 Mio.€
- Abschreibungsmethode: linear, zeitabhängig
- Abschreibungshöhe:

	Variante 1	<b>Variante 2 = BV</b>	Variante 3
Abschreibungen/a	12.596 T €	<b>16.375 T €</b>	21.833 T €

##### 4.2.2. Personalkosten / Jahr

- Personaleinsatz:

	Variante 1	<b>Variante 2 = BV</b>	Variante 3
Strebpersonal	400	<b>519</b>	691
Grubenbetrieb (einschl. Strebpersonal)	790	<b>1025</b>	1365
Produktionspersonal (über Tage)	469	<b>581</b>	742
Leitung und Verwaltung	130	<b>130</b>	130
<b>Personal gesamt</b>	<b>1389</b>	<b>1736</b>	<b>2237</b>

- Vorgaben für den Ansatz Strebpersonal:

3,5 m<sup>2</sup> / Mann und Schicht  
200 Schichten / Mann und Jahr

- Personalkosten gesamt:

	Variante 1	<b>Variante 2 = BV</b>	Variante 3
Personalkosten pro Person u. Jahr	45.000 €	<b>45.000 €</b>	45.000 €
Anzahl der Beschäftigten	1.389	<b>1.736</b>	2.237
Personalkosten pro Jahr	62.505 T€	<b>78.120 T€</b>	100.665 T€
Personalkosten/ t Cu im Erz	10.129 €	<b>9.738 €</b>	9.410 €

#### 4.2.3. Elektroenergiekosten / Jahr

	Variante 1	<b>Variante 2 = BV</b>	Variante 3
E-Kosten in T€	3.504	<b>4.555</b>	6.073

- Ansatz: Erfahrungswerte u. aktuelle Preise von 0,079 €/kWh.

#### 4.2.4. Hilfsmaterial Kosten / Jahr

	Variante 1	<b>Variante 2 = BV</b>	Variante 3
T €	12.565	<b>16.335</b>	21.750

- Hilfsmaterial: Sprengstoff, Holz, Treibstoff u.a.
- Ansatz: 45 €/m<sup>2</sup> Abbaufäche, entspricht 12,0 % der Gesamtkosten (Erfahrungswerte)

#### 4.2.5. Instandhaltungskosten / Jahr

	Variante 1	<b>Variante 2 = BV</b>	Variante 3
T €	6.298	<b>8.188</b>	10.916

- Ansatz: 50,0 % der Abschreibungen (Basis 327,5 Mio.€ Investitionen)

#### 4.2.6. Sonstige Kosten / Jahr

	Variante 1	<b>Variante 2 = BV</b>	Variante 3
T €	6.960	<b>8.790</b>	11.438

- Ansatz: 8,2 % der Gesamtkosten ohne Abschreibungen u. Zinsen (Erfahrungswerte)

#### 4.2.7. Zinskosten für Investitionen

##### Zinskosten für Investitionskredit

Ausgehend von einer Laufzeit des Schachtes Haldungen von 20 Jahren wurden für die Basisvariante nach den Eckpunkten des Finanzierungsmodells für den Gesamtzeitraum Zinskosten in Höhe von **163.575,00 T€** ermittelt.  
(Einzelrechnung siehe Anlage 4)

### Zinskosten für Betriebsmittelfinanzierung

Der Betriebsmittelbedarf und die daraus resultierenden Zinskosten des Betriebsmittelkredits wurden für die ausgewählte Basisvariante nach folgenden Ansätzen ermittelt:

1.) Verwendung des Betriebsmittelkredits:

Der Betriebsmittelkredit in Höhe von 10,0 Mio.€ steht zur Verfügung zur Finanzierung

- von Forderungen aus dem Verkauf des Konzentrates bei einem Zahlungsziel von 30 Tagen (ca. 5 Mio.€)
- von Hilfsmaterial, Reparaturmaterial u. sonstige Aufwendungen (ca. 3 Mio. €)
- von unvorhergesehenem Finanzbedarf im Betriebsmittelbereich (ca. 2,0 Mio.€)

2.) Zinskosten / Jahr

- Prämisse: 100%-ige Kreditfinanzierung des BM-Bedarfs
- Zinskosten / a = 5 % von 10.000 T€ = 500 T€ / a

Zur Ermittlung der Zinskosten aus der Betriebsmittel-Kreditfinanzierung (siehe Anlage 4 - Einzelrechnung)

### Zinskosten gesamt

Zinsen Investitionskredit	163.575 T €
Zinsen Betriebsmittelkredit	9.750 T €
<b>Summe</b>	<b>173.325 T €</b>
(bei Basisvariante – 20 Jahre = 8.666 T € / Jahr)	

#### 4.3. Zusammenfassung

##### 4.3.1. Investitionskosten gesamt

350 Mio.€ Brutto; 310 Mio.€ Netto; 327,5 Mio.€ Afa-Basis

##### 4.3.2. Laufende Betriebskosten (BK) pro Jahr absolut und relativ (Werte in T€ und %)

Kostenart	Variante 1		<b>Variante 2</b>		Variante 3	
	26 Jahre	%	<b>20 Jahre</b>	%	15 Jahre	%
			<b>Basisvariante</b>			
1. Abschreibungen	12.596	11,3	<b>16.375</b>	11,6	21.833	11,9
2. Personal	62.505	56,3	<b>78.120</b>	55,4	100.665	54,6
3. Elektroenergie	3.504	3,2	<b>4.555</b>	3,2	6.073	3,3
4. Hilfsmaterial	12.565	11,2	<b>16.335</b>	11,7	21.750	11,8
5. Instandhaltung	6.298	5,7	<b>8.188</b>	5,8	10.916	5,9
6. Sonstiges	6.960	6,3	<b>8.790</b>	6,2	11.438	6,2
7. Zinsen	6.666	6,0	<b>8.666</b>	6,1	11.555	6,3
<b>Summe BK / a</b>	111.094	100,0	<b>141.029</b>	<b>100,0</b>	184.230	100,0

##### 4.3.3. Kosten je Tonne Kupfer im Erz

	Variante 1	<b>Variante 2 = BV</b>	Variante 3
Cu im Erz in t / Jahr	6.171	<b>8.022</b>	10.697
Kosten / t Cu im Erz in €	18.003	<b>17.580</b>	17.230

## 5. Ermittlung des Investitionsaufwandes und der Betriebskosten beim Bau bzw. Betrieb der Aufbereitungsanlage des Heldrunger Kupfererzes

### 5.1. Basisdaten

- Vorräte Baufeld Heldrunger

Erzmenge gesamt:	5.935.000 t
Metallvorräte (Gehalt in %):	
Cu	160.450 t (2,70 %)
Ag	660 t (112 g/t)
Pb	36.260 t (0,61 %)
Zn	42.590 t (0,72 %)

- Ausbringung: 80 %
- Konzentratmengen und Metall im Cu-Konzentrat

Konzentratmenge:	641.800 t
Cu	128.360 t
Ag	528 t
Pb	29.008 t
Zn	34.072 t

### 5.2. Investitionskosten der neuen Aufbereitungsanlage

Das Mansfelder Kupfererz wurde pyrometallurgisch in einem Rohhüttenprozess zu einem Rohstein mit 40 % Kupfer verarbeitet. Dieser mansfeldspezifische Prozess war mit extrem hohen Kosten (Energiekosten) und enormen Umweltbelastungen verbunden.

Zwischenzeitlich sind die Rohhüttenkapazitäten seit 1990 stillgelegt und rückgebaut. Aus diesen Gründen scheidet eine pyrometallurgische Verarbeitung des Heldrunger Kupfererzes zukünftig aus.

Bereits seit den 50er Jahren wurden in der ehemaligen DDR durch Forschungs- und Entwicklungsaufträge des Mansfeld Kombines alternative Weiterverarbeitungsverfahren für das Mansfelder Kupfererz, wie

- bakterielle Laugung,
- chemische Laugung,
- mechanische physikalische Aufbereitung bzw.
- Nassmetallurgische Aufbereitung

untersucht. In Auswertung dieser Forschungsergebnisse und in Abstimmung mit Experten des ehemaligen Mansfeld Kombines wird für die Verarbeitung des Heldrunger Kupfererzes das nachfolgend genannte kombinierte 3-Stufen-Verfahren favorisiert:

Anlage mit 3 Prozessstufen:

- Brechen (Vor- und Nachbrechen)
- Mahlen
- Flotation

Gesamtaufwand:

(ohne Deponiekosten) 30,0 Mio.€

davon:

- Aufbau der Kernanlage 20,0 Mio.€
- periphere Einrichtungen (Messwarte, soziale Einr.) 6,0 Mio.€
- Rückbaukosten 1,5 Mio.€
- Sonstiges (Risikofonds) 2,5 Mio.€

Realisierungszeitraum der Investition: 3 Jahre

Die Investitionskosten in Höhe von 30,0 Mio.€ sind Bestandteil des Investitionsvolumens unter Pkt. III.3. (350,0 Mio.€).

5.3. Betriebskosten der Aufbereitungsanlage

5.3.1. Laufzeit der Anlage analog der Schachtanlage in zwei Varianten

- 26 Jahre = V 1
- 20 Jahre = V 2 = Basisvariante
- 15 Jahre = V 3

5.3.2. Basisdaten

	Nutzungszeitraum gesamt	pro Jahr		
		Variante 1	<b>Variante 2 = BV</b>	Variante 3
<b>Vorlaufen</b>				
Erz (t)	5.935.000	228.269	<b>296.750</b>	395.667
Cu-Gehalt im Erz in t	160.450	6.171	<b>8.022</b>	10.697
<b>Produktion / Ausbringen 80 %</b>				
Cu im Konzentrat in t	128.360	4.937	<b>6.418</b>	8.557
Konzentratproduktion in t	641.800	24.685	<b>32.090</b>	42.787

### 5.3.3. Kostenkalkulation

#### Personalkosten

- Ansatz: 150 Mitarbeiter / 36 000 € / Jahr für V 1, **V 2**, V 3

#### Sachkosten

Abschreibungen sowie Zinskosten wurden im Hauptkomplex „Bergbau“ mit bearbeitet und erfasst.

E-Energie, Brenn- und Treibstoffe, Flotationsreagenzien, Verschleißmaterial, Reparaturleistungen sowie Sonstiges können zusammengefasst pauschal mit 15 € / Tonne verarbeitetes Erz angesetzt werden.

Daraus ergeben sich je Variante folgende Sachkosten pro Jahr:

Variante 1 : 3.420 T€  
Variante 2 : **4.450 T€ (Basisvariante)**  
Variante 3: 5.990 T€

#### Zusammenfassung der Jahresbetriebskosten

	Variante 1	<b>Variante 2 = BV</b>	Variante 3
Personalkosten T€	5.400	<b>5.400</b>	5.400
Sachkosten T€	3.420	<b>4.450</b>	5.990
Jahresbetriebskosten der Aufbereitung insgesamt T€	8.820	<b>9.850</b>	11.390

Betriebskosten je Kostenträger (Erz, Konzentrat, Kupfer und Silber im Konzentrat , Basis 80 % Ausbringen)

	Variante 1	<b>Variante 2 = BV</b>	Variante 3
Erz €/t	38,64	<b>33,19</b>	28,50
Konzentrat €/t	357,30	<b>307,33</b>	266,20
Kupfer und Silber im Konzentrat €/t	1.786,51	<b>1.534,75</b>	1.331,07

## 6. Zusammenfassende Darstellung in einer Gewinn- und Verlustrechnung

### 6.1. Betriebskosten Bergbau und Aufbereitung insgesamt / Jahr

	pro Jahr		
	Variante 1	<b>Variante 2 = BV</b>	Variante 3
Betriebskosten Bergbau in Mio.€	111,1	<b>141,0</b>	184,3
Betriebskosten Aufbereitung in Mio.€	8,8	<b>9,9</b>	11,4
<b>Summe Bergbau und Aufbereitung in Mio.€</b>	<b>119,9</b>	<b>150,9</b>	<b>195,7</b>
Betriebskosten pro t Konzentrat in €	4.858	<b>4.708</b>	4.574
Betriebskosten pro t Kupfer und Silber im Konzentrat in €	24.289	<b>23.508</b>	22.870

#### Basisvariante:

- **Betriebskosten Bergbau + Aufbereitung / Jahr = 150.879 T€**
- **Betriebskosten/t Cu + Ag im Konzentrat = 23.508 € / t**

## 6.2. Erlöse aus dem Umsatz der produzierten Konzentrate

Grundlagen: Börsenpreis 9000 \$/ t E-Cu, 17,01 \$ Feinunze Silber,  
Cu-Gehalt im Konzentrat 20 %, handelsübliche Abschläge gemäß Metallrechnung  
80 % Metallausbringen  
Wechselkurs € : \$ = 1 : 1,5

Damit lassen sich unter Einbeziehung der dargestellten Konzentratproduktion in Abhängigkeit vom Metallausbringen und vom angenommenen Wechselkurs für die Varianten V1 – V3 folgende Erlöse ermitteln:

	pro Jahr		
	Variante 1	<b>Variante 2 = BV</b>	Variante 3
<b>Gesamterlös aus Kupfer und Silber im Konzentrat in T€</b>	32.823	<b>42.670</b>	56.893
Erlös / t Konzentrat in €	1.329,69	<b>1.329,69</b>	1.329,69
Kupfer und Silber im Konzentrat in t	4.937	<b>6.418</b>	8.557
<b>Erlös pro t Kupfer und Silber im Konzentrat in €</b>	6.648	<b>6.648</b>	6.648

### Basisvariante:

- Erlöse aus dem Verkauf von Konzentraten / a = **42.670 T€**
- Erlöse / t Cu und Ag im Konzentrat = **6.648 €**

### 6.3. Ergebnis aus Produktion und Absatz von Konzentraten

#### 6.3.1. Ergebnis pro Jahr

	pro Jahr		
	Variante 1	<b>Variante 2 = BV</b>	Variante 3
Erlös aus Absatz der Kupfer/Silber-Konzentrate in T€	32.823	<b>42.670</b>	56.893
Betriebskosten Bergbau u. Aufbereitung ges. in T€	119.914	<b>150.879</b>	195.620
<b>Gesamtergebnis Bergbau und Aufbereitung in T€</b>	- 87.091	<b>- 108.209</b>	- 138.727

#### 6.3.2. Ergebnis pro Kostenträger Cu + Ag im Konzentrat

	pro Jahr		
	Variante 1	<b>Variante 2 = BV</b>	Variante 3
Erlös je t Kupfer und Silber im Konzentrat in €	6.648	<b>6.648</b>	6.648
Kosten je t Kupfer und Silber im Konzentrat in €	24.289	<b>23.508</b>	22.861
<b>Ergebnis pro t Kupfer und Silber in €</b>	- 17.641	<b>- 16.860</b>	- 16.212

### 6.3.3. Ergebnis im Nutzungszeitraum (Mio.€)

	Variante 1	<b>Variante 2 = BV</b>	Variante 3
Ergebnis im Nutzungszeitraum in Mio.€	- 2.264,4	<b>- 2.164,2</b>	- 2.080,9

#### Zusammenfassung Basisvariante:

- **Betriebsergebnis / Jahr** = - 108.209,0 T€ (Verlust)
- **Betriebsergebnis / t Cu/Ag** = - 16.860,00 € (Verlust)
- **Betriebsergebnis über 20 Jahre** = - 2.164,2 Mio.€ (Verlust)

### 7. Ermittlung des break-even-point des Vorhabens durch Variierung der Kupfer- und Silberpreise

Bei der Ermittlung des break-even-point für die Erschließung, den Abbau und die Verarbeitung des Cu-Erzes aus der Lagerstätte Heldringen zu Cu-Konzentraten wird von den Kosten der nachstehend aufgeführten Basisvariante ausgegangen:

- Betriebskosten / t Cu/Ag im Konzentrat = 23.508 €/t
- Erlöse / t Cu/Ag im Konzentrat = 6.648 €/t
- Preisansatz Cu = 6.000 € / t
- Preisansatz Ag (17,01 \$ / Feinunze) = 364,63 € / kg
- Verlust je t Cu/Ag im Konzentrat = 16.860 € / t

D.h. bei der kalkulierten Basisvariante werden nur 28,28 % der lfd. Betriebskosten aus den Absatzerlösen des Endproduktes Kupferkonzentrat gedeckt.

Die Verlustrate (= Quotient aus Verlust und Erlös / t Konzentrat) der Basisvariante beträgt damit 253,6 %.

Im Umkehrschluss müssen, damit eine kostendeckende Produktion - der break-even-point - erreicht wird, die Kupfer- u. Silberpreise gegenüber der Basisvariante um das 2,536-fache steigen:

Bei Kupfer: von 6.000 €/ t Cu  
auf 15.216 €/t Cu

Bei Silber: von 17,01 €/t Feinunze = 364,63 €/kg  
auf 43,14 €/t Feinunze = 924,70 €/kg

#### IV. Best-case-scenario des Vorhabens

Nachfolgend wird ein Szenario für den günstigsten Fall entwickelt. Dieser best-case ist wie folgt definiert:

- Reduzierung der Laufzeit der Schachtanlage von 20 Jahre auf 18 Jahre
- Reduzierung des Investitionsaufwandes von 350 Mio.€ auf 310 Mio.€ mit dieser Untersetzung:

272 Mio.€	Ausrüstungen lt. Studie Schachtbau Nordhausen
30 Mio.€	neue Aufbereitungsanlage
8 Mio.€	Sonstiges
<b>= 310 Mio.€</b>	<b>Investitionsaufwand gesamt</b>

Auswirkungen zur Basisvariante: Reduzierung der Abschreibungen und Instandhaltungskosten

- Finanzierungsmodell mit 30 % Investitionsförderung ohne langfristiges Darlehen mit folgender Struktur:

310 Mio.€	gesamt
- 62 Mio.€	Investitionszuschüsse ( 20 % GA-Mittel)
= 248 Mio.€	Abschreibungsvolumen
- 31 Mio.€	Investitionszulagezulage (10 %)
= 217 Mio.€	Finanzierung durch Eigenmittel des Investors

Auswirkungen zur Basisvariante: Wegfall der Langfristzinsen von 164 Mio. € und damit Reduzierung der Abschreibungen

- Steigerung der Abbau – Produktivität von 3,5 auf 4,0 m<sup>2</sup> / Mann und Schicht

Auswirkungen zur Basisvariante: Reduzierung Personal von 1.736 auf 1.562 Mitarbeiter und damit Senkung der Personalkosten bei gleichzeitiger Erhöhung der Jahresförderung

- Es wird ein Kupferpreis von 8.000 €/t Cu im Konzentrat und ein Silberpreis von 486,20 €/kg angesetzt.

Auswirkungen zur Basisvariante: Steigerung der spezifischen und absoluten Erlöse beim Absatz des Konzentrates

**Basisdaten – best-case-scenario**

Produktionszahlen	<b>best-case - Variante</b>		<b>Basis - Variante</b>	
	pro Jahr	insgesamt	pro Jahr	insgesamt
m <sup>2</sup> – Abbau	403.333	7.260.000	363.000	7.260.000
Erzförderung in t	329.722	5.935.00	296.750	5.935.000
<b>Kupferförderung Cu im Erz in t</b>	<b>8.914</b>	<b>160.450</b>	<b>8.022</b>	<b>160.450</b>

**Betriebskosten Bergbau**

Kostenpositionen	<b>best-case - Variante</b>		<b>Basis - Variante</b>	
	pro Jahr	insgesamt	pro Jahr	insgesamt
Abschreibungen T€	13.778	248.000	16.375	327.500
Personalkosten T€	70.290	1.265.220	78.120	1.562.400
Elektroenergie T€	5.061	91.100	4.555	91.100
Hilfsmaterial T€	18.150	326.700	16.335	326.700
Instandhaltung T€	6.889	124.000	8.188	163.760
Sonstiges T€	8.725	157.056	8.790	175.800
Zinsen T€			8.666	173.320
<b>Summe Bergbau- Kosten in T€</b>	<b>122.893</b>	<b>2.212.076</b>	<b>141.029</b>	<b>2.820.580</b>
<b>Kosten je t Kupfer im Erz in T€</b>	<b>13.787</b>	<b>13.787</b>	<b>17.580</b>	<b>17.580</b>

**Betriebskosten Aufbereitung**

	<b>best-case - Variante</b>		<b>Basis - Variante</b>	
	pro Jahr	insgesamt	pro Jahr	insgesamt
Abschreibungen bereits im Komplex Bergbau mit erfasst				
Personalkosten T€ (150 Beschäftigte, 36 T€/MA u. Jahr)	5.400	97.200	5.400	108.000
Sachkosten T€ (15 €/t Erz, siehe Aufbereitungsanlage)	4.944	89.000	4.450	89.000
<b>Aufbereitungs- Kosten in T€</b>	<b>10.344</b>	<b>186.200</b>	<b>9.850</b>	<b>197.000</b>
Kosten je Tonne Konzentrat in €	290	290	307	307
<b>Kupfer/Silber im Konzentrat in €</b>	<b>1.451</b>	<b>1.451</b>	<b>1.535</b>	<b>1.535</b>

**Gesamtbetriebskosten**

	<b>best-case - Variante</b>		<b>Basis - Variante</b>	
	pro Jahr	insgesamt	pro Jahr	insgesamt
<b>a) Absolut in Mio.€</b>				
Bergbau gesamt	122.893	2.212.076	141.029	2.820.580
Aufbereitung gesamt	10.344	186.200	9.850	197.000
<b>Summe Bergbau u. Aufbereitung</b>	<b>133.237</b>	<b>2.398.276</b>	<b>150.879</b>	<b>3.017.580</b>
<b>b) Betriebskosten je t in €</b>				
<b>Konzentrat</b>	<b>3.737</b>	<b>3.737</b>	<b>4.702</b>	<b>4.702</b>
<b>Kupfer/Silber im Konzentrat</b>	<b>18.684</b>	<b>18.684</b>	<b>23.508</b>	<b>23.508</b>

### Erlöse aus dem Absatz von Konzentrat - best-case-scenario

#### Grundlagen:

- Börsennotierungen, Basisvariante 6.000 €/t Kupfer; 364.630 €/t Silber
- best-case-Variante, 8.000 €/t Kupfer; 486.161 €/t Silber
- Metallgehalte im Konzentrat : 20 % Cu und 0,0825 % Ag
- Abschläge, Hüttenlohn sowie die Metallbewertung- u. Rechnung wurden handelsüblich ermittelt und angesetzt.

Daraus ergeben sich die angesetzten Erlöse je Tonne Konzentrat mit **1.329,69 €** für die Basis-Variante bzw. **1.771,64 €** für die best-case-Variante.

	<b>best-case - Variante</b>		<b>Basis - Variante</b>	
	pro Jahr	insgesamt	pro Jahr	insgesamt
Konzentratproduktion in t	35.656	641.800	32.090	641.800
Kupfer und Silber im Konzentrat in t	7.131	128.360	6.418	128.360
<b>Erlöse aus Absatz absolut in T€</b>	<b>63.169</b>	<b>1.137.039</b>	<b>42.669</b>	<b>853.395</b>
Erlöse pro t Konzentrat in €	1.771,64	1.771,64	1.329,69	1.329,69
<b>Erlöse pro t Kupfer und Silber im Konzentrat in €</b>	<b>8.858</b>	<b>8.858</b>	<b>6.648</b>	<b>6.648</b>

**Ergebnis aus Absatz der Konzentrate**

	<b>best-case - Variante</b>		<b>Basis - Variante</b>	
	pro Jahr	insgesamt	pro Jahr	insgesamt
Erlöse gesamt in T€	63.169	1.137.039	42.669	853.395
Betriebskosten Bergbau in T€	122.893	2.212.076	141.029	2.820.580
Betriebskosten Aufbereitung in T€	10.346	186.295	9.850	197.000
<b>Ergebnis in T€</b>	<b>- 70.070</b>	<b>- 1.261.262</b>	<b>- 108.209</b>	<b>- 2.164.185</b>
<b>Ergebnis pro t Kupfer und Silber im Konzentrat in €</b>	<b>- 9.826</b>	<b>- 9.826</b>	<b>- 16.860</b>	<b>- 16.860</b>

(Erläuterungen zur best-case-Variante siehe Anlage 5)

## V. Bewertung der Ergebnisse der Studie

### 1. Betriebswirtschaftliche Bewertung

Der Mansfelder Kupferbergbau war in der Vergangenheit wegen

- der geringen Metallgehalte in Kupfererz (1,5 – 2,5 % Kupfer),
- der geringen Mächtigkeit des Kupferflözes (25 bis 35 cm) und der daraus resultierenden niedrigen Produktivität der Abbaufverfahren sowie
- des sulfidischen Chemismus des Kupfererzes

immer ein sehr arbeits- und kostenintensiver Prozess (Anlage 9). Allerdings hatte das im Mansfelder Revier abgebaute und metallurgisch erzeugte Kupfer eine überdurchschnittliche Verarbeitungsqualität und war im 19. und 20. Jahrhundert im nationalen Maßstab ein strategisch wertvoller Rohstoff für die Volkswirtschaft.

Neben Kupfer wurden in der Vergangenheit aus dem Mansfelder Kupfererz in nennenswerten Größenordnungen Silber, Blei und Zink in den dem Bergbau nachfolgenden Hüttenprozessen gewonnen. Zeitweilig wurden in den letzten 50 Jahren darüber hinaus aus dem Kupfererz die Spurenmetalle Vanadium, Molybdän, Nickel, Selen, Rhenium, Germanium und Gold selektiert und einer wirtschaftlichen Nutzung zugeführt (Anlage 6).

Die zusätzliche Gewinnung und Verwertung von Silber, Blei, Zink und den o. g. Spurenmetallen erhöhte die volkswirtschaftliche Bedeutung und die Wirtschaftlichkeit des Mansfelder Kupferbergbaus.

Dessen ungeachtet wurde die Kupfergewinnung aus Mansfelder Erz bereits seit 1932 aus übergeordneten volkswirtschaftlichen Gründen staatlich subventioniert.

In der vorliegenden Studie wird am Beispiel des Abbaus und der Aufbereitung des in der Lagerstätte Heldrungen gewonnenen Kupfererzes nachgewiesen, dass wegen der o. g. Kostenspezifika auch unter heutigen technologischen und Marktbedingungen eine rentable Gewinnung und Verarbeitung von Kupfererz nicht möglich ist. Die auftretenden spezifischen und absoluten Verluste werden in einer Basisvariante in der Studie dargestellt. Sie betragen je Tonne Kupferkonzentrat 4.708 €/Tonne und je t Kupfer und Silber im Konzentrat 23.508 €/t. Daraus resultiert bei einer Laufzeit von 20 Jahren ein Verlust von 108,2 Mio.€/Jahr.

Diesen Verlusten steht die Schaffung von ca. 2.000 neuen Arbeitsplätzen bei Wiederaufnahme der Kupferproduktion in Heldrungen gegenüber. Ein Sachverhalt auf den unter Punkt 2 näher eingegangen wird.

In einem best-case-szenario werden gegenüber der Basisvariante deutlich verbesserte Metallpreise, eine höhere Produktivität beim Abbau des Kupfererzes und verbesserte Finanzierungsbedingungen für die notwendigen Investitionen angesetzt. Dadurch kann der Verlust je Tonne Kupferkonzentrat auf 3.737 €/Tonne reduziert werden. Die jährlichen Verluste sinken auf 70,1 Mio.€/Jahr.

Reale Chancen für eine Reduzierung der in der Basisvariante ausgewiesenen Verluste sind kurz- und mittelfristig durch die Umsetzung folgender Maßnahmen aus der Sicht des Projektteams möglich:

1. Die Einbeziehung weiterer Metalle (Blei, Zink) und Spurenmetalle in die wirtschaftliche Verwertung.
2. Die Reduzierung des notwendigen Personalansatzes beim Abbau und der Verarbeitung des Kupfererzes durch den Einsatz effizienterer Abbau- und Aufbereitungstechnologien und der damit verbundenen Produktivitätssteigerungen.
3. Reduzierung der Personalkosten durch den Einsatz von weniger lohnkostenintensivem Personal.
4. Die Erhöhung staatlicher Zuschüsse bzw. des Eigenanteils bei der Finanzierung der notwendigen Investitionen und Betriebsmittel (Reduzierung von Zinskosten und Abschreibungen).
5. Eine umsatz- und damit ergebniswirksame Vermarktung des entstehenden Haldenmaterials bzw. der Abprodukte bei der Kupferaufbereitung (Straßenbau, Zementindustrie).

Die betriebswirtschaftlichen Risiken bei der Umsetzung der Studie liegen

1. in der notwendigen technisch-technologischen Entwicklung eines Aufbereitungsverfahrens zur Gewinnung von Kupferkonzentraten aus Heldrunger Kupfererz, dass ein Ausbringen von 80 % und die Produktion eines Kupferkonzentrates mit mindestens 20 % Kupferinhalt garantiert und
2. in der umweltseitigen Beherrschung der Deponie der Abfallprodukte der Aufbereitungsanlage

Diese beiden Risiken müssen durch weitergehende Untersuchungen und innovative Entwicklungen minimiert bzw. abgebaut werden.

Die in der vorliegenden Studie entwickelten spezifischen Kosten- und Erlösansätze sowie das erarbeitete Kalkulationschema lassen sich auf die Lagerstätte Tiefscholle Osterhausen grundsätzlich übertragen.

Die Einbeziehung der Lagerstätte „Tiefscholle Osterhausen“ mit nachstehend genannten Bilanzvorräten von

- 125 000 t Kupfer
- 610 t Silber
- 17 400 t Blei
- 15 400 t Zink

in die Abbaukonzeption der Lagerstätte Heldrunger ist realisierbar.

Der parallele Abbau beider Lagerstätten verlangt allerdings im Vorfeld eine Grundsatzentscheidung zur Art der Erschließung der Lagerstätte Osterhausen. Alternativ müssten unter wirtschaftlichen Aspekten zwei Varianten untersucht werden:

### **Variante 1:**

Erschließung der Lagerstätte durch Abteufen von mindestens einer Schachanlage in unmittelbarer Nähe der Lagerstätte Osterhausen

### **Variante 2:**

Erschließung durch das Auffahren eines untertägigen Querschlages von der Schachanlage Heldringen zur Lagerstätte Osterhausen.

Experten des Vereins der Mansfelder Berg- und Hüttenleute werden gemeinsam mit dem Projektteam die wirtschaftlichen Auswirkungen der Einbeziehung der Lagerstätte Osterhausen in das Abbaukonzept Baufeld Heldringen mit Unterstützung des Projektteams BdU e.V. im Jahr 2010/2011 untersuchen und darstellen.

## **2. Volkswirtschaftliche Bewertung der Wiederaufnahme des Primärbergbaus im Mansfelder Revier**

Aus der Sicht der Globalisierung der Wirtschaft und deren prognostizierter dynamischer Entwicklung bis 2050 werden die begrenzt vorhandenen energetischen und metallischen Rohstoffe weltweit wegen des steigenden Bedarfs knapper und teurer.

Langfristig steigt damit aus globaler Sicht der Wert eigener nationaler Rohstoffvorkommen.

Allein dieser objektiv stattfindende Trend rechtfertigt mittel- und längerfristige Überlegungen zur wirtschaftlichen Nutzung der in Deutschland bisher nicht genutzter Rohstoffpotentiale.

Ein weiterer Aspekt ist die volkswirtschaftliche Entwicklung in Deutschland seit 1990. Diese Entwicklung ist neben einer verstärkten Globalisierung und der daraus resultierenden Vernetzung der deutschen Wirtschaft mit der Weltwirtschaft durch eine starke Deindustrialisierung Ostdeutschlands verbunden mit einem dramatischen Abbau von Arbeitsplätzen geprägt.

Das führte in den neuen Bundesländern zur Herausbildung von strukturschwachen Regionen mit überdurchschnittlich hoher Arbeitslosigkeit und einer rückläufigen Bevölkerungsentwicklung. In der Mansfelder Region, und insbesondere im heutigen Landkreis Mansfeld-Südharz, waren im Kupferbergbau und der verarbeitenden Industrie bis 1990 ca. 25.000 Menschen beschäftigt.

Im Jahr 2009 arbeiten noch ca. 2.000 Beschäftigte in den verbliebenen buntmetallurgisch ausgerichteten Unternehmen.

Arbeitslosenquoten von 16 bis 22 % und dramatische Abwanderungen, vor allem von Leistungsträgern, charakterisieren die regionale Entwicklung der letzten Jahre. Aus heutiger Sicht sind mittel- und langfristige keine Perspektiven für eine nachhaltige Verbesserung des oben beschriebenen Zustandes erkennbar.

Angesichts der oben skizzierten Strukturschwäche der Mansfelder Region ist die nachfolgende haushaltsorientierte volkswirtschaftliche Bewertung einer Wiederaufnahme des Mansfelder Bergbaus am Beispiel der Lagerstätte Heldrungen als eine Orientierungshilfe für weitergehende Überlegungen in Politik und Wirtschaft anzusehen.

Dazu folgende Fakten:

**Schaffung zusätzlicher Arbeitsplätze durch  
Abbau und Verarbeitung des Heldrunger  
Kupfererzes (einschließlich der Zulieferindustrie) 2.000 VbE**

**Durchschnittliche Ausgaben des Staates  
für Arbeitslosigkeit einschließlich  
verbundener sozialer Leistungen 24.000 €/VbE**

**Reduzierung staatlicher Ausgaben für Arbeits-  
losenunterstützung durch Schaffung von  
2.000 neuen zusätzlichen Arbeitsplätzen 48,0 Mio.€**

Bei einer kostendeckenden Subventionierung des Kupferbergbaus, finanziert durch nicht rückzahlbare haushaltswirksame Zuschüsse der Länder und/oder des Bundes zeigt sich folgendes Bild:

	Jahr	Laufzeit 20 Jahre (Basisvariante)
Verlust aus Produktion Kupferkonzentrat	108,0 Mio.€	2.160,0 Mio.€
Haushaltsentlastung durch 2000 zusätzliche Arbeitsplätze	48,0 Mio.€	960,0 Mio.€
Verbleibende saldierte Belastung des Staatshaushaltes bei kostendeckender Subventionierung	60,0 Mio.€	1.200,0 Mio.€

Bei Umsetzung des best-case-szenario reduziert sich der jährliche Verlust auf 70,1 Mio.€ und die verbleibende saldierte Belastung öffentlicher Haushalte auf 22,1 Mio.€/a.

Bei dieser haushaltspolitisch fokussierten Bewertung der Wiederaufnahme des Mansfelder Kupferbergbaus werden andere wichtige zu erwartende positive Auswirkungen im gesellschaftlichen, sozialen und kulturellen Bereich nicht berücksichtigt. Die vorliegende Studie verzichtet auch auf die Darstellung notwendiger administrativer und verwaltungstechnischer Aktivitäten gegenüber den zuständigen Organen des Bundes, des Landes und der Kommunen, die für die Wiederaufnahme des Kupferbergbaus zwingend notwendig sind. Diese notwendigen Aktivitäten sind zwar zeitaufwendig, können aber grundsätzlich positiv umgesetzt werden.

## **VI. Dissemination und Nachhaltigkeit der Studie**

### **1. Dissemination der Studie**

Die vorliegende Machbarkeitsstudie wurde im Rahmen des Projektes „ReSource“ durch den Projektträger BdU e. V. im Jahr 2009 erarbeitet.

Wegen der politischen und sozialen Brisanz dieser Thematik sollte die Studie zunächst vertraulich behandelt werden. Ihre Verbreitung sollte deswegen auf nachstehend genannte Partner / Institutionen beschränkt werden.

- Leadpartner PP 1 – Wirtschaftsregion Zwickau/Chemnitz
- Ausgewählte Partner des Projektes ReSource– in Abstimmung mit PP 1
- Landräte LK Mansfeld-Südharz und Kyffhäuserkreis
- Wirtschafts- und Finanzministerien der Länder Sachsen-Anhalt und Thüringen
- Bundeswirtschaftsministerium

### **2. Nachhaltigkeit der Studie**

Die Studie versteht sich als Strategiepapier und Orientierungshilfe, die in Abhängigkeit von der mittel- und langfristigen volkswirtschaftlichen- und weltwirtschaftlichen Entwicklung hinsichtlich ihrer betriebs- und volkswirtschaftlichen Aussagen und Bewertungen ständig aktualisiert werden muss.

Diese notwendigen Aktualisierungen werden durch den Projektträger gemeinsam mit Fachleuten des Mansfelder Vereins der Berg- und Hüttenleute bis 2015 abgesichert.

Unter Federführung dieses Vereins wird die Einbeziehung der Tiefscholle Osterhausen in das Abbaukonzept Baufeld Haldungen unter wirtschaftlichen Aspekten geprüft. In Abstimmung und nur im Konsens mit PP1 und mit den zuständigen politischen Entscheidungsträgern wird die Studie interessierten Investoren und öffentlichen Entscheidungsträgern zur Verfügung gestellt.

## **Machbarkeitsstudie**

### **Reaktivierung des Kupferbergbaus im Sangerhäuser Revier und Gewinnung von Metallen aus Kupferbergbauhalden der Mansfelder Region**

#### **B - Studie zur Gewinnung von Metallen aus Bergbauhalden des ehemaligen Mansfelder-Kupfer-Bergbaus**

##### **Inhalt:**

1. Vorstellung der Haldenlandschaft im Landkreis Mansfeld Südharz
2. Erfassung und Bewertung des für die Metallgewinnung relevanten Haldenmaterials
3. Bestimmung des Metallinhaltes im verwertbaren Haldenmaterial
4. Bewertung möglicher Verarbeitungsverfahren zur Gewinnung von Metallen aus Haldenmaterial
5. Betriebswirtschaftliche Bewertung der Gewinnung von Metallen aus Haldenmaterial
  - 5.1. Präambel
  - 5.2. Metallgewinnung aus Flachhalden
  - 5.3. Metallgewinnung aus Ausschlägehalden
6. Chancen und Risiken der Gewinnung von Metallen aus Haldenmaterial
7. Dissemination und Nachhaltigkeit der Studie

## **1. Vorstellung der Haldenlandschaft im Landkreis Mansfeld-Südharz**

Das beim Abbau des Kupferschiefererzes angefallene Abraummateriale wurde teils als Versatz in den beim Abbau des Erzes entstandenen Hohlräumen benutzt und teils nach über Tage auf sogenannte Bergehalden gefördert. Zusätzlich wurden auf den Flachhalden im ehemaligen Mansfelder Bergbaurevier sogenannte „Ausschläge“, die beim manuellen Trennen von schmelzwürdigem und nicht schmelzwürdigem Kupferschiefer entstanden, als Ausschlägehalden abgelagert.

Mit der Stilllegung der Förderschächte im Jahr 1990 wurden die Schächte verfüllt und ihre Fördergerüste rückgebaut. Heute prägen lediglich die Halden des Bergbaus (Spitzkegel- und Flachhalden) und die Reste der Hüttenbetriebe die Mansfelder Landschaft (Anlage 7).

Dabei sind die Bergbauhalden mit etwa über einer Mio. Tonne Haldenmaterial je Halde die Zeitzeugen des Bergbaus im Eisleber Revier von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis 1969 und im Revier Sangerhausen von 1951 bis 1990. Die Kleinsthalden mit insgesamt einer Million Tonnen Haldenmaterial entstanden durch den Bergbau bis Mitte des 19. Jahrhunderts und vervollständigen die Mansfelder Haldenlandschaft.

Insgesamt waren nach Beendigung des Bergbaus auf den Bergbauhalden 134,6 Mio. Tonnen Haldenmaterial abgelagert. Eine detaillierte Aufschlüsselung der Haldenmengen (Haldenmengenbilanz) der einzelnen Halden zeigt die Anlage 8 mit den Tabellen 1 und 2.

## **2. Erfassung und Bewertung des für die Metallgewinnung relevanten Haldenmaterials**

Die in der Anlage 8 dargestellten Haldenmengen werden hinsichtlich ihrer Verwertbarkeit für die Gewinnung von Kupfer, Silber und anderen Metallen durch nachstehend genannte Restriktionen und Randbedingungen deutlich eingeschränkt:

### Denkmalschutz

Die Spitzkegelhalden sind sämtlich denkmalgeschützt und können deswegen nicht im o. g. Sinne verwertet werden. Dadurch können lt. Mengenbilanz 84,0 Mio. Tonnen Haldenmaterial aktuell nicht für die Metallgewinnung eingesetzt werden.

### Einsatz von Haldenmaterial im Straßenbau

Von nachstehend genannten Flachhalden

- Schacht Hermann (Helbra)
- Lichtloch 81 (Klostermansfeld)
- Glückhilf-Schacht (Welfesholz)
- Freies Leben (Mansfeld)
- Seidelschacht (Helbra)
- Martinschacht Halde 1 (Kreisfeld) und
- Lademannschacht (Eisleben)

wurden von 1990 bis 2009 beträchtliche Mengen an Haldenmaterial als Schotter verkauft.

Gegenwärtig dürften von der ursprünglichen Haldenmenge der o. g. Halden in Höhe von 43,4 Mio. Tonnen noch ca. 15,0 Mio. Tonnen vorhanden sein. Für eine industrielle Metallgewinnung stehen diese Restbestände ebenfalls nicht zur Verfügung.

#### Nutzung als Deponie

Die Halde des ehemaligen Schneiderschachtes in Helbra mit 5,8 Mio. Tonnen muss ebenfalls für eine Verwertung ausgeklammert werden, da hier im sogenannten Teich 10 eine Deponie errichtet wurde.

Unter Berücksichtigung der o. g. Einschränkungen bleiben für eine industrielle Metallgewinnung (ohne Berücksichtigung des Denkmalschutzes) etwa 21,9 Mio. Tonnen Haldenmaterial und etwa 1,0 Mio. Tonnen aus sogenannten Kleinsthalden verfügbar.

Diese verwertbare Haldentonnage in Höhe von 22,9 Mio. Tonnen Haldenmaterial konzentriert sich auf nachstehend genannte Flachhalden:

Halde/Schacht (Ort)	Fläche ha	Höhe m	Haldenmenge Mio.t
Zirkelschacht (Klostermansfeld) <sup>1)</sup>	15,2	58	7,1
Otto-Schacht (Wimmelburg)	17,0	38	4,3
Theodor-Schacht (Klostermansfeld)	5,8	20	1,3
Martinschacht 2 und 3 (Kreisfeld)	10,6	31	2,0
Niewandt-Schacht (Siersleben)	12,2	30	3,1
Eduard-Schacht (Hettstedt)	15,5	37	4,1
<b>gesamt</b>	<b>76,3</b>		<b>21,9</b>

<sup>1)</sup> Halde z. Z. denkmalgeschützt

Unter Ausklammerung der als Deponie für die Kupfer-Silber-Hütte Hettstedt genutzten Niewandt-Schacht-Halde (3,1 Mio.t), der Kleinsthalden (1,0 Mio.t) und stark verwitterter Haldenbestandteile (0,8 Mio.t) wird für die weitere Bearbeitung der Studie von einer realistischen Größenordnung an verwertbarem Haldenmaterial in Höhe von 18,0 Mio.t ausgegangen. Dabei wird vorausgesetzt, dass die zur Zeit noch denkmalgeschützten Flachhalden für eine Nutzung im Sinne der Studie freigegeben werden.

Desweiteren werden wegen der unterschiedlichen Metallgehalte und deren betriebswirtschaftlichen Auswirkungen

- die verwertbare Haldenmenge insgesamt (ca. 18,0 Mio.t) und
- die Ausschlägehalden als Teil der o. g. Haldentonnage (ca. 2,6 Mio.t)

separat betrachtet.

### **3. Bestimmung des Metallinhaltes des verwertbaren Haldenmaterials**

Im Zeitraum 1955 bis 1965 erfolgte eine Bemusterung der Flachhalden des Mansfelder Reviers und darauf aufbauend eine Analyse der Gehalte an Kupfer, Blei, Zink und Silber.

Dabei wurden folgende Durchschnittswerte des Metallgehaltes im Haldenmaterial ermittelt:

- Kupfer 0,25 %
- Blei 0,31 %
- Zink 0,60 %
- Silber 0,011 %.

Diese Gehalte entsprechen etwa 1/10 der Metallgehalte im Mansfelder Kupferschiefererz.

Darauf aufbauend kann im Rahmen der vorliegenden Studie unter Beachtung einer verwertbaren Haldenmenge von 18,0 Mio. Tonnen von folgenden rückgewinnbaren Metallinhalten ausgegangen werden:

- Kupfer 45.000 t
- Silber 198 t
- Blei 55.800 t
- Zink 108.000 t

Die vorliegenden Analysen aus den Jahren 1959/1960 (Seidel-Schacht-Halde) der Ausschlägehalden zeigen hinsichtlich ihres Metallgehaltes folgendes Bild:

- Kupfer 0,40 %
- Silber 0,0011 %
- Blei 0,50 %
- Zink 0,80 %.

Bei einer verwertbaren Haldentonnage von 2,6 Mio.t kann von nachstehend genannten potentiell rückgewinnbaren Metallinhalten in den Ausschlägehalden ausgegangen werden:

- Kupfer 10.400 t
- Silber 28,6 t
- Blei 13.000 t
- Zink 20.800 t

Die Ermittlung der im Haldenmaterial vorhandenen Spurenelemente erfolgte bis zum heutigen Zeitpunkt nicht. Bei zukünftigen weitergehenden Überlegungen kann aber auch hier von einer deutlichen Reduzierung der Gehalte dieser Spurenelemente gegenüber den Gehalten im Kupfererz ausgegangen werden.

In die unter Abschnitt 5. dargestellten Kosten- und Erlösermittlungen zur Gewinnung von Metallen aus Haldenmaterial werden deswegen zunächst nur die Metalle Kupfer, Silber, Blei und Zink einbezogen.

#### **4. Bewertung möglicher Verarbeitungsverfahren zur Gewinnung von Metallen aus Bergbauhalden**

Die Metalle Kupfer, Blei und Zink liegen in den Bergbauhalden wie im Kupferschiefererz in Form von

- Kupferkies  $\text{CuFeS}_2$  (mit Silber als Begleitmetall)
- Buntkupferkies  $\text{Cu}_2\text{FeS}_4$  (mit Silber als Begleitmetall)
- Kupferglanz  $\text{Cu}_2\text{S}$  (mit Silber als Begleitmetall)
- Bleiglanz  $\text{PbS}$
- Zinkblende  $\text{ZnS}$

also sämtlich in sulfidischen Verbindungen vor.

Im Bereich der Haldenoberfläche hat infolge von Verwitterungsprozessen eine Oxidation der Sulfide in die Karbonate Malachit, Azurit, Cerrussit und Zinkspat stattgefunden. Dadurch wird der vorherrschende Chemismus der Gesamthalde allerdings nur unwesentlich beeinflusst.

Da Textur, Struktur und Chemismus des Haldenmaterials dem des Kupfererzes entspricht, kann grundsätzlich von einer analog zum Kupfererz zu realisierenden Verarbeitung ausgegangen werden.

Bis zur Stilllegung des Bergbaus 1990 wurde das geförderte Mansfelder Kupfererz pyrometallurgisch in einer ersten Verarbeitungsstufe im sogenannten Rohhüttenprozess ohne vorherige mechanische Anreicherung zu einem Rohstein mit ca. 40 % Kupfer aufbereitet.

Dieser Rohstein wurde anschließend in einer sogenannten Feinhütte zu Kupferkathoden bzw. Kupferwirebares mit einem Kupfergehalte von 99,9 %, d. h. zu reinem Kupfer, weiter verarbeitet.

Parallel dazu fand die metallurgische Gewinnung von Silber, Blei, Zink und ausgewählten Spurenelementen im damaligen Mansfeld Kombinat bzw. im Kombinat Freiberg statt.

Zum heutigen Zeitpunkt sind die damals vorhandenen Rohhüttenkapazitäten geschlossen und zurückgebaut. Der Rohhüttenprozess zur Gewinnung von Kupferkonzentrat war und ist ein äußerst kostenintensiver Prozess, unter anderem wurden 140 Tonnen Koks für die Gewinnung einer Tonne Rohstein eingesetzt. Darüber hinaus war der Rohhüttenprozess mit erheblichen Umweltbelastungen verbunden.

Allein deswegen scheidet er als zukünftiges Verarbeitungsverfahren für Haldenmaterial aus.

Deswegen wird schon seit über 50 Jahren an einer zum Rohhüttenprozess alternativen Verarbeitung für das Mansfelder Kupfererz gearbeitet. Dabei standen

- mechanische Trennverfahren unter Nutzung der Dichteunterschiede,
- Flotationsverfahren sowie
- bakterielle und chemische Laugungsverfahren

im Fokus der bisherigen technisch-technologischen Untersuchungen, die - wie oben dargestellt - auch für die Gewinnung von Metallen aus Haldenmaterial bevorzugt untersucht werden sollten.

Die im Zeitraum 1950 bis 1980 im Mansfeld Kombinat und bei der SDAG Wismut durchgeführten Versuche einer Metallgewinnung aus Kupfererz mittels bakterieller Laugung führten zu keinen technisch-technologisch und wirtschaftlich positiven Ergebnissen.

Auf Basis der vor 1990 durchgeführten Untersuchungen zur Gewinnung von Metallen aus Kupfererz durch chemische Laugung im Forschungsinstitut für NE-Metalle Freiberg konnte mindestens die technische Machbarkeit des Verfahrens nachgewiesen werden. Die wirtschaftlichen Ergebnisse waren allerdings unbefriedigend.

In Auswertung der bisherigen Erkenntnisse auf diesem Gebiet sollten zur Gewinnung von Metallen aus Haldenmaterial zukünftig zwei Verfahren alternativ untersucht werden:

1.) Aufbereitung mit den Produktionsstufen:

- Brechen
- Mahlen
- Flotation

2.) Gewinnung der Metalle aus Halden mittels chemischer Laugung.

Aktuell existiert für das Aufbereitungsverfahren der Flotation noch keine ausgereifte Technologie, die folgende technologische Zielstellung erfüllen muss:

- die Trennung der Sulfidpartikel vom Erz durch mehrmaliges Mahlen bis zu geringen Korngrößen,
- die Trennung von Blei und Zink vom Kupfer im Rahmen des Flotationsprozesses und schließlich
- die Anreicherung des Kupfers im aufbereiteten Konzentrat bis zu einem Kupfergehalt von 15 bis 20 %.

Gegenwärtig laufen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des Fraunhofer Institutes in Kooperation mit der MLU Halle zur Entwicklung eines wirtschaftlichen Verfahrens zur Gewinnung von Metallen aus Bergbauhalden, die 2011 abgeschlossen und nach Vorliegen in die Studie eingearbeitet werden.

## **5. Betriebswirtschaftliche Bewertung der Gewinnung von Metallen aus Bergbauhalden**

### **5.1. Präambel**

Eine detaillierte belastbare Ermittlung der Kosten und Erlöse und damit der Rentabilität der Gewinnung von Metallen aus Haldenmaterial ist z. Z. wegen des Fehlens eines wirtschaftlich und technologisch geeigneten Verarbeitungsverfahrens nicht möglich.

Dessen ungeachtet können verfahrensspezifische und kostenseitige Anforderungen und Vorgaben an den Prozess der Gewinnung von Metallen definiert werden und bei Ansatz aktueller Metallpreise zusammengefasste betriebswirtschaftliche Aussagen zur Effizienz und Rentabilität des o. g. Prozesses ermittelt werden. Wirtschaftliche Chancen und Risiken können darauf aufbauend dargestellt werden.

Bei der folgenden betriebswirtschaftlichen Bewertung werden zwei Varianten untersucht:

Variante 1: Verarbeitung der gesamten verwertbaren Haldenmenge in Höhe von 18,0 Mio.t

Variante 2: Verarbeitung der Ausschlägehalden mit einer Menge von 2,6 Mio.t

### **5.2. Verarbeitung von 18,0 Mio. Tonnen Haldenmaterial (Variante 1)**

1. Mengengerüst – Basis: 18,0 Mio. Tonnen Gesamtdurchsatz

- Metallinhalt-Überblick

Metall	Metall-Gehalt %	Metall-Inhalt t
Kupfer	0,25	45.000
Zink	0,60	108.000
Blei	0,31	55.800
Silber	0,0011	198

- Metall-Ausbringen (optimistische Zielvorgabe)

Metall	Ausbringen %	Metall-Inhalt t	Ausbringen kt
Kupfer	65,0	45.000	29.250
Zink	55,0	108.000	59.400
Blei	55,0	55.800	30.690
Silber	60,0	198	119

## 2. Erlöse aus Absatz der ausgebrachten Metalle lt. Mengengerüst

Metall	Ausgebrachte Menge t	Preis / t €	Erlöse gesamt T€
Kupfer	29.250	4.286	125.365
Zink	59.400	2.143	127.286
Blei	30.690	1.786	54.804
Silber	119	390.614	46.417
Summe			<b>353.872</b>

Nachstehend werden die Betriebskosten der Gewinnung von Metallen aus Bergbauhalden alternativ für die unter Abschnitt 4. genannten möglichen Aufbereitungsverfahren ermittelt.

Die Kostenansätze je t Durchsatz sind aktuell übliche Kosten in vergleichbaren Verarbeitungsprozessen und enthalten keine Abschreibungen und eventuelle Zinskosten:

### I. Aufbereitungsverfahren (Brechen, Mahlen, Flotation)

Leistungen	Kosten / t Durchsatz € / t	Durchsatz Mio.t	Gesamtkosten T€
1. Brechen, Mahlen des Haldenmaterials	15,0	18,0	270.000
2. Flotation	5,0	18,0	90.000
3. Deponiekosten für Tailings	15,0	10,2	243.000
Summe			<b>603.000</b>

## II. Chemische Laugung des Haldenmaterials

Leistungen	Kosten / t Durchsatz €/ t	Durchsatz Mio.t	Gesamtkosten T€
1. Brechen, Mahlen des Haldenmaterials	15,0	18,0	270.000
2. Laugungskosten	30,0	18,0	540.000
3. Entsorgung der Laugenrückstände	15,0	18,0	270.000
Summe	60,0		1.080.000

Diese betriebswirtschaftliche Gesamtbetrachtung – die am Anfang aller Überlegungen/Absichten bei einer Gewinnung von Metallen aus Haldenmaterial stehen sollte – macht deutlich, dass eine kostendeckende Arbeit bei realistischen Preis- und Kostenansätzen sowie optimistischen Ausbringenskennzahlen nicht möglich ist.

Die notwendige Einbeziehung von Abschreibungen und ggf. Zinskosten erhöhen die ausgewiesenen Gesamtverluste weiter.

### **5.3. Verarbeitung von Ausschlägehalden (Variante 2)**

1. Mengengerüst – Basis: Verwertbare Haldenmenge 2,6 Mio.t

Metall	Metall-Gehalt %	Metall-Inhalt t	Ausbringen %	Ausbringen t
Kupfer	0,40	10.400	65,0	6.760
Zink	0,80	20.800	55,0	11.400
Blei	0,50	13.000	55,0	7.150
Silber	0,0011	29	60,0	17

## 2. Erlöse

Metall	Ausbringen t	Erlöse / t €	Erlöse gesamt T€
Kupfer	6.760	4.286	28.973
Zink	11.400	2.143	24.516
Blei	7.150	1.786	12.770
Silber	17	390.614	6.642
Summe			72.901

## 3. Betriebskosten (ohne Abschreibungen und Zinskosten)

Verfahren	Durchsatz kt	Kosten / t Durchsatz €	Gesamtkosten T€
Aufbereitung	2.600	35,0	91.000
Chemische Laugung	2.600	60,0	156.000

Die ausschließliche Gewinnung von Metallen aus Ausschlägehalten führt zu einer deutlichen Verbesserung der Ertragssituation. Die Gewinnzone wird allerdings auch hier noch nicht erreicht.

## 6. Chancen und Risiken der Gewinnung von Metallen aus Bergbauhalten

Die wesentlichen Risiken der Gewinnung von ausgewählten Metallen (Cu, Pb, Zn und Ag) aus Haldenmaterial des ehemaligen Mansfelder Kupferschieferbergbaus liegen

1. in dem Fehlen eines wirtschaftlich effizienten technisch-technologischen ausgereiften Verarbeitungsverfahrens, das in der Lage ist, mit geringsten Betriebskosten ein Metallausbringen von mindestens 80 % für die o. g. vier Metalle zu garantieren und
2. in der unter Abschnitt 5. ermittelten betriebswirtschaftlichen Disproportion zwischen Verarbeitungskosten und erzielbaren Erlösen aus dem Verkauf der gewonnenen Metalle.

In den o.g. Risiken liegen aber auch gleichzeitig die Chancen für eine betriebswirtschaftlich effiziente, d.h. für eine rentable Gestaltung der Gewinnung von Prozessen aus Bergbauhalten.

Diese Chancen spiegeln sich in dem nachstehend vorgestellten **best-case-szenario** wieder.

Dieses best-case-szenario geht von der Erreichung definierter technisch-ökonomischer Zielgrößen aus, auf deren Grundlage eine betriebswirtschaftliche Gesamtaussage ermittelt wird.

Folgende Zielgrößen für die Verarbeitung von 18,0 Mio. t Haldenmaterial werden angesetzt.

- Verarbeitungskosten: 35,0 € je Tonne Durchsatz bei Einbeziehung der Abschreibungen und Zinskosten
- Erlöse je Tonne Metall
  - Kupfer: 8.000 €
  - Zink: 4.000 €
  - Blei: 3.500 €
  - Silber: 700.000 €

Im best-case-szenario wird bei der Verarbeitung des Haldenmaterials von dem unter Abschnitt 4. vorgestellten Aufbereitungsverfahren ausgegangen.

Bei Ansatz der oben definierten Zielgrößen ergibt sich folgende betriebswirtschaftliche Gesamtaussage:

1. Mengengerüst – Basis: 18,0 Mio. Tonnen Durchsatz

Metall	Metall-Gehalt %	Metall-Inhalt t	Ausbringen %	Ausbringen t
Kupfer	0,25	45.000	65,0	20.250
Zink	0,60	108.000	55,0	59.400
Blei	0,31	55.800	55,0	30.690
Silber	0,0011	198	60,0	119

## 2. Erlöse auf Basis Mengengerüst

Metall	Ausbringen t	Erlöse / t €	Erlöse gesamt T€
Kupfer	20.250	8.000	162.000
Zink	59.400	4.000	237.600
Blei	30.690	3.500	107.415
Silber	119	700.000	833.000
<b>Summe</b>			<b>1.340.015</b>

## 3. Verarbeitungskosten (Aufbereitungsverfahren)

- Durchsatz: 18,0 Mio.t Haldenmaterial
- Verarbeitungskosten je Tonne Durchsatz: 35,0 €
- **Verarbeitungskosten gesamt: 630,0 Mio.€**

**Fazit:** Bei Umsetzung der für das best-case-szenario definierten zwei Zielgrößen können bei der Verarbeitung von 18,0 Mio.t Haldenmaterial auf der Grundlage eines Aufbereitungsverfahrens insgesamt deutliche Gewinne erzielt werden. Das gleichzeitige Erreichen aller Zielgrößen scheint aus der Sicht der Verfasser allerdings eher unwahrscheinlich. Die Reduzierung der Verarbeitungskosten auf 35,0 € je t durchgesetztes Haldenmaterial bei einem angestrebten Ausbringen der Metalle von 55 – 65 % ist zweifelsfrei eine große Herausforderung an die Entwicklung eines Aufbereitungsverfahrens zur Gewinnung von Metallen aus Haldenmaterial. Tendenziell werden die Weltmarktpreise für die hier gewonnenen Metalle Kupfer, Silber, Blei und Zink im Zeitraum bis 2030 nach vorliegenden Prognosen steigen. Das Tempo und der Grad der o. g. Preiserhöhungen sind allerdings gegenwärtig kaum seriös einzuschätzen.

Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass das o. g. vorgestellte best-case-szenario nicht mehr als ein zielführender Handlungsrahmen für Forschung und Entwicklung sowie für potentielle Investoren sein kann.

## **7. Dissemination und Nachhaltigkeit der Studie**

Die Dissemination der Studie sollte analog der Verbreitung der oben vorgestellten Bergbaustudie unter Beachtung der dort formulierten Grundsätze und Restriktionen erfolgen.

Die Studie wird zur Sicherung ihrer Nachhaltigkeit interessierten Forschungseinrichtungen und potentiellen Investoren zur Verfügung gestellt und erläutert.

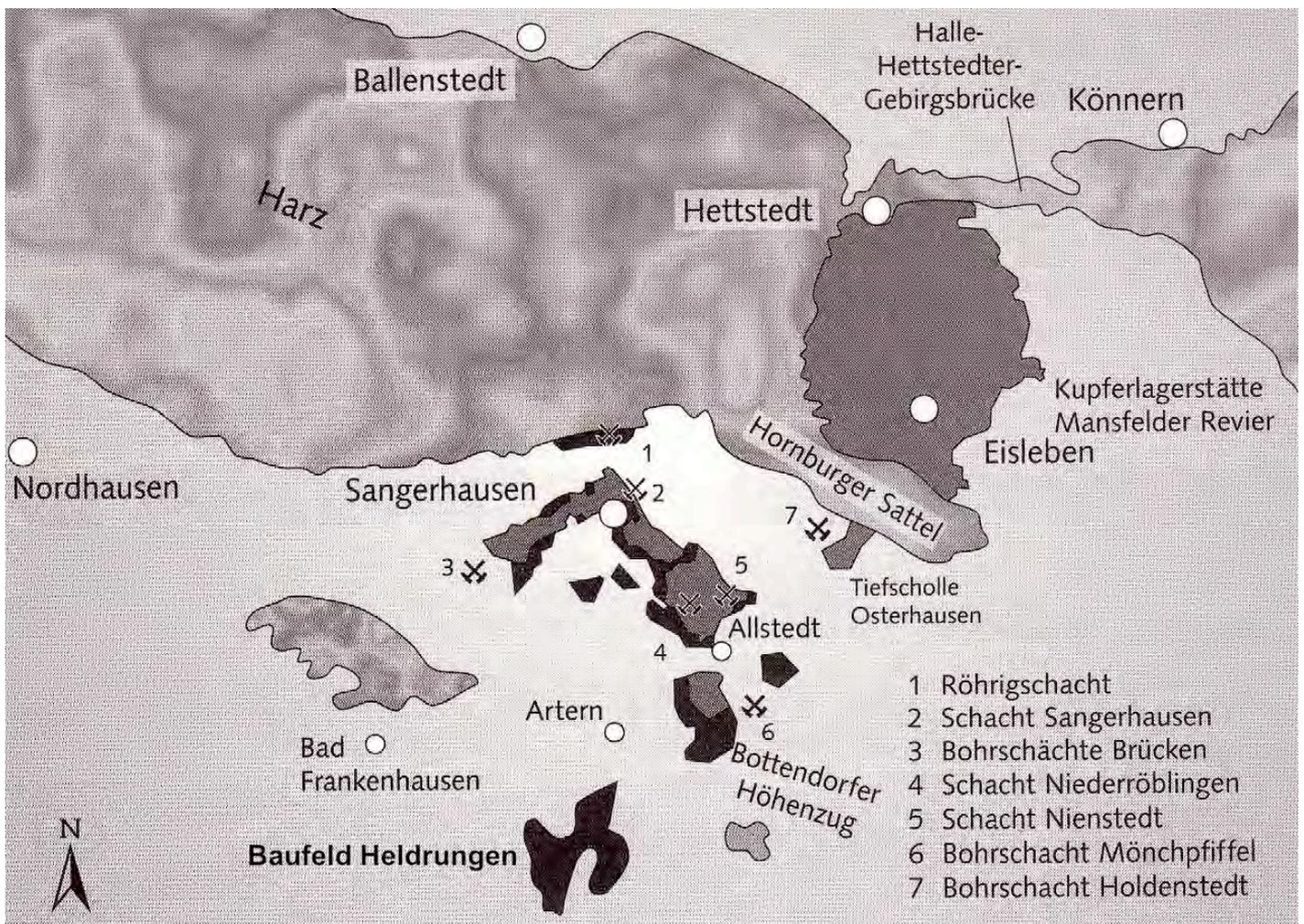
## Anlagenverzeichnis

### **Machbarkeitsstudie**

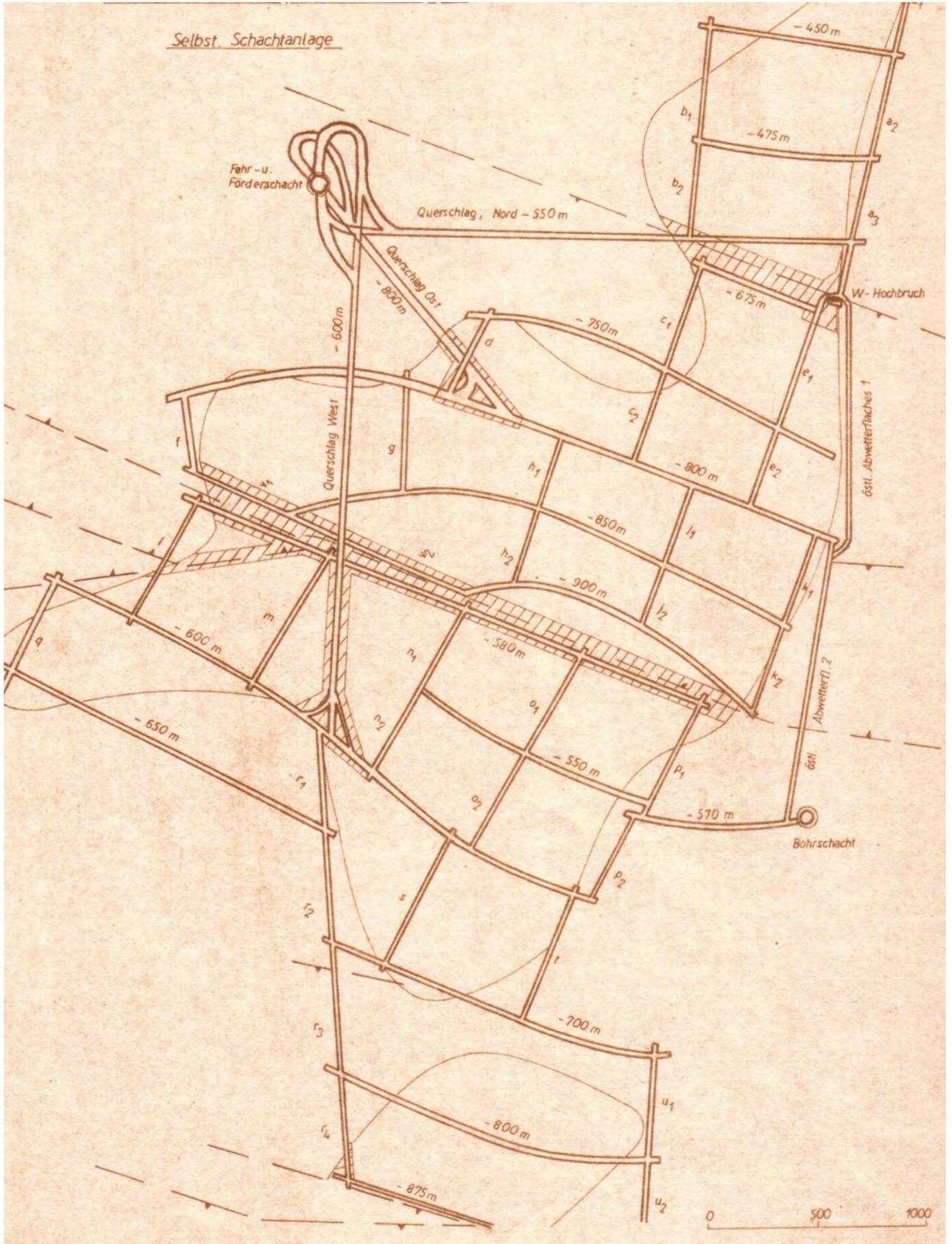
#### **Reaktivierung des Kupferbergbaus im Sangerhäuser Revier und Gewinnung von Metallen aus Kupferbergbauhalden der Mansfelder Region**

- Anlage 1/1 - Geographische Lage der Lagerstätte „Baufeld Heldrungen“ im Mansfelder Revier und Aus- und Vorrichtungsplan der Lagerstätte
- Anlage 1/2 - Aus- und Vorrichtungsplan der Lagerstätte
- Anlage 2 - Vorstudie zur Erschließung der Lagerstätte Heldrungen (Schachtbau Nordhausen GmbH)
- Anlage 3 - Finanzierungsmodell Investition (Basisvariante)
- Anlage 4 - Ermittlung der Zinskosten aus Investitions- und Betriebsmittelfinanzierung (Basisvariante)
- Anlage 5 - Erläuterungen zum best-case-szenario
- Anlage 6 - Durchschnittliche Gehalte an Spurenmetallen im Mansfelder Kupferschiefererz
- Anlage 7 - Mansfelder Halde (ehem. Thälmann-Schacht)
- Anlage 8 - Mengenbilanz der Mansfelder Bergbauhalden (Übersicht)
- Anlage 9 - Kosten- und Produktivitätsspezifika des Mansfelder Kupferbergbaus

**Geographische Lage der Lagerstätte „Baufeld Heldrungen“ im Mansfelder Revier**



Aus- und Vorrichtungsplan der Lagerstätte





# Vorstudie



## Neuerschließung Kupferlagerstätte Baufeld Heldrungen

Auftraggeber: Bildungswerk der Unternehmensverbände  
Sachsen-Anhalt e.V.  
Lorenzweg 56  
39128 Magdeburg

Auftragnehmer: SCHACHTBAU NORDHAUSEN GmbH  
Industrieweg 2a  
99734 Nordhausen

Nordhausen, den 26.10.2009

# **Vorstudie**

## **Neuerschließung Kupferlagerstätte Baufeld Heldrungen**

**Auftraggeber:** Bildungswerk der Unternehmerverbände  
Sachsen-Anhalt e.V.  
Lorenzweg 56  
39128 Magdeburg

**Auftragnehmer:** SCHACHTBAU NORDHAUSEN GmbH  
Industrieweg 2a  
99734 Nordhausen

**Bearbeiter:** Herr Dipl.-Ing. Jens Schmidt  
Herr Dipl.-Ing. Oskar Huber

1.	Einleitung	3
1.1	Veranlassung	3
1.2	Planungsgrundlagen	3
1.3	Planungsumfang	3
2.	Technologie Schachtteufe	4
2.1	Vorhandene Situation	4
2.2	Baustelleneinrichtung	6
2.3	Zementierverfahren	6
2.4	Vorschachtteufe	7
2.5	Schachtteufe	7
2.6	Schachtausbau	8
3	Aus- und Vorrichtung von Lagerstätten	9
4	Kostenschätzung	10
4.1	Infrastruktureinrichtungen	10
4.2	Fahr- und Förderschacht	10
4.3	Wetterschacht	11
4.4	Aus- und Vorrichtung	11
4.5	Investitionen unter Tage	12
	Anlagen	

## **1. Einleitung**

### **1.1 Veranlassung**

Gemäß Auftrag vom 25.08.2009 erarbeitet die SCHACHTBAU NORDHAUSEN GmbH die vorliegende Vorstudie (Grundlagenermittlungen) für den Aufschluss der Kupferlagerstätte Heldrungen mit der Teufe eines neuen Förderschachtes sowie eines neuen Wetterschachtes einschließlich der dafür notwendigen und Aus- und Vorrichtungsarbeiten.

### **1.2 Planungsgrundlagen**

Als Grundlage für die Teufe von zwei neuen Schächten dienten folgende Unterlagen.

- Ausgewählte Eckdaten Erschließung Lagerstätte Heldrungen:
  1. Fahr- und Förderschacht 953 m Teufe, davon 296 m wasserdichter Ausbau, Füllort bei 600 bzw. 800 m, ca. 4.000 t Erz- und Bergförderung je. Tag
  2. Wetterschacht  
Teufe 800 bis 1000 m
  3. Kostenschätzung der Grundinvestition für Aus- und Vorrichtung anhand einer jährlichen Fördermenge von 6.000 t bis 10.000 t Kupfer im Erz
- Die Kupferschieferlagerstätte in der Sangerhäuser Mulde von Dr. G. Jankowski u. Dipl.- Geol. W. Remus, 1963
- DIN 21500 Schachtausbau im Bergbau, 2001

### **1.3 Planungsumfang**

Die neu zu teufende Schächte wurden anhand der Auswertung der Geologie (Normalprofil der Sangerhäuser Mulde) und anhand der Vorgaben durch den Auftraggeber dimensioniert.

Folgende Unterlagen werden für die Schächte geliefert:

- ein technisches Konzept für Schachtteufe mit zeichnerischer Darstellung
- eine Kostenschätzung
- ein Bauzeitenplan



## **2. Technologie Schachtteufe**

### **2.1 Vorhandene Situation**

Die neu zu teufenden Schächte sollen nach derzeitigem Stand im Raum Heldrungen im thüringischen Kyffhäuserkreis niedergebracht werden. Die Lagerstätte liegt südöstlich des Kyffhäusergebirges im Kyffhäuserkreis zwischen den Ortschaften Artern, Reinsdorf, Oberheldrungen und Oldisleben. Die 1976 durchgeführten Vorratsberechnungen gehen von einer Fläche von 13,2 km<sup>2</sup> aus.

Grundlage dieser Planung bilden die geologischen Schichten abgeleitet vom Normalprofil der Sangerhäuser Mulde.

In den Achsen der zu teufenden Schächte sollte vor der Teufe Erkundungsbohrungen gestoßen werden, um möglichst genaue Daten zu den Deckgebirgseigenschaften zu erhalten.

Die Schächte sollen möglichst in einem Bereich liegen, der nicht durch den Lagerstättenabbau beeinflusst ist.

Die Teufe für den Fahr- und Förderschacht beträgt 953 m und der lichte Schachtdurchmesser wurde auf 7 m festgelegt.

Für den Wetterschacht wird von einer Teufe von 950 m und einem lichten Schachtdurchmesser von 7 m ausgegangen. Der Durchmesser wurde so gewählt, um ihn im Bedarfsfall ebenfalls als Fahr- oder Förderschacht zu nutzen.

Die Ausbaudimensionierung orientiert sich an der angenommenen geologischen Situation

Teufe		Gebirge	Wasserführung
Von	Bis		
0	100,00	Sand, Kies, Ton	Ja
100,00	300,00	Tonstein, Schluffstein, Sandstein, Roggenstein	Ja
300,00	540,00	Tonstein, Schluffstein, Sandstein, Roggenstein	Gering
540,00	565,00	Auslaugungsreste,	Nein
565,00	615,00	Hauptanhydrit	Nein

## Neuerschließung Kupferlagerstätte Baufeld Haldungen



615,00	620,00	Grauer Salzton	Nein
620,00	650,00	Sangerhäuser Anhydrit	Nein
650,00	820,00	Steißfurt-Steinsalz	Nein
820,00	821,00	Basalanhydrit	Nein
821,00	827,00	Stinkschiefer	Nein
827,00	857,00	Oberer Werra- Anhydrit	Nein
857,00	865,00	Werra- Steinsalz	Nein
865,00	890,00	Unterer Werra- Anhydrit	Nein
890,00	894,00	Zechsteinkalk	Nein
894,00	894,40	Kupferschieferflöz	Nein
894,40	904,40	Weißliegendes, Porphyrkonglomerat	Nein
904,40	953,00	Sandstein, Schieferton	Nein

Tabelle 1: Geologie abgeleitet vom Normalprofil der Sangerhäuser Mulde

Dabei wurde ein wasserdichter Ausbau mit Stahlblechzylinder bis in eine Teufe von 300 m festgelegt. Alle Ausbauabschnitte unterhalb von 300 m Teufe verfügen nicht über eine solche Abdichtung. Die Ausbaudimensionierung ist in der Tabelle 2 dargestellt.

Teufe: 0 – 300 m			
Nr.	Material	Dicke (cm)	Werkstoff
1	Beton Innen	50 – 75	C 45 / 55
2	Stahlblech	1,0	S 355
3	Einkornbeton	15	
4	Spritzbeton	15 – 30	C 30 / 37
Teufe: 300 – 650 m			
Nr.	Material	Dicke (cm)	Werkstoff
1	Beton Innen	40 - 50	C 45 / 55
2	Spritzbeton	15 – 30	C 30 / 37

Teufe: 650 – 820 m

Nr.	Material	Dicke (cm)	Werkstoff
1	Beton Innen	50 – 75	C 45 / 55
2	Kompressible Verfüllung	40	
3	Spritzbeton	15 – 30	C 30 / 37

Teufe: 820– 953 m

Nr.	Material	Dicke (cm)	Werkstoff
1	Beton Innen	40 - 50	C 45 / 55
2	Spritzbeton	15 – 30	C 30 / 37

Tabelle 2: Ausbaudimensionierung

## 2.2 Baustelleneinrichtung

Vor Beginn der Teufe werden alle notwendigen Geräte und Anlagen auf die Baustelle transportiert und aufgestellt. Es handelt sich hierbei um Tagesunterkünfte, Sanitäreinrichtungen und Werkstätten. Im Rahmen der Baustelleneinrichtung werden die notwendigen Anschlüsse für Energie- und Wasserversorgung errichtet, sowie die Arbeitsflächen befestigt und notwendige Fundamente errichtet.

## 2.3 Zementierverfahren

Für das Teufen von beiden Schächten ist das Zementierverfahren als das geeignetste Verfahren zur Beherrschung von Wasserzuflüssen anzusehen. (Alle Schächte im naheliegenden Abbaurevier wurden in der Vergangenheit mit dem Zementierverfahren abgeteuft).

Wenn nach der geologischen Auswertung die Wasserführung des Deckgebirges der obersten 300 m der zukünftigen Schächte als „von der Schachtsohle aus schwer beherrschbar“ angesehen wird, werden sie von der Tagesoberfläche aus über Tiefbohrungen vorzementiert.

Nach Abschluss der Arbeiten am Vorschacht und am Wetterkanal beginnt die Aufnahme der Arbeiten im wasserführenden Schachtbereich. Dabei wird systematisch vorgebohrt und falls erforderlich werden Injektionsmaßnahmen durchgeführt.

Die Vorbohrungen werden in Neigung und Richtung so angesetzt, dass wasserführende Gebirgspartien mit hoher Wahrscheinlichkeit durchbohrt werden. Da mögliche Zuflüsse während der Teufarbeiten sowohl aus der Schachtsohle, als auch aus den Schachtstößen zu erwarten sind, werden die Vorbohrungen so angeordnet, dass sie sowohl einen mindestens ca. 4 m breiten Hohlzylinder um den späteren Ausbruch, als auch die Schachtsohle abdecken. Es werden ca. 55 Bohrungen mit Bohrlängen bis ca. 35 m pro Bohrsohle im wasserführenden Bereich hergestellt.

Die Herstellung der Bohrungen erfolgt mit dem Schachtbohrgerät. Die Lafetten des Schachtbohrgerätes können in radialer und tangentialer Richtung zur Schachtachse geneigt werden. Gebohrt wird mit einer Spülung. In die Bohrlöcher werden Standrohre mit festen Flanschen gesetzt, über die dann die nötigen Injektionsmengen verpresst werden können.

## 2.4 Vorschachtteufe

Schachtkragen und gegebenenfalls Wetterkanal werden mit den Mitteln des Tiefbaus, wenn die Bodenverhältnisse es zulassen, vor dem eigentlichen Schachtbauwerk in offener Bauweise hergestellt. Falls erforderlich, ist ein Baugrubenverbau vorzusehen.

Die endgültige Bemessung des Schachtkragens und des Wetterkanals erfolgt unter Berücksichtigung der ermittelten Bodenkennwerte für die Erddrücke, Fundamentlasten und Verkehrslasten des Bauzustandes bzw. des Endzustandes des Schachtes.

Die Teufarbeiten unterhalb des Schachtkragenbereiches beginnen unter Benutzung eines Krans mit Kübeln als Hebegerät und einem Kleinbagger (falls erforderlich mit Hydraulik- Ripper Vorsatz) für die Lösearbeit

## 2.5 Schachtteufe

Sobald die erforderliche Teufe geschaffen worden ist, um die Schachtabdeckung und die eingekürzte Arbeitsbühne einzubauen, erfolgt die weitere Teufarbeit unter Benutzung der Schachteinrichtung. Die eingekürzte Arbeitsbühne ist während dieser Zeit im Schachtkopfbereich fest verlagert. Unterhalb des Vorschachtbereiches, wird die Arbeitsbühne auf ihre endgültigen Abmessungen verlängert. Sobald durch das Gebirge erforderlich, wird auf Bohr- und Sprengarbeit umgestellt. Zum Einsatz kommt ein dreiarmliges bzw. vierarmiges Schachtbohrgerät. Die Abschlaglängen werden ca. 3,50 m betragen. Es muss darauf geachtet werden, dass

der Abstand der Bühne zur Sohle bei Sprengarbeit groß genug ist, um Beschädigungen an der Bühne zu verhindern

Für die Durchführung der Arbeiten im Schacht werden Schachtabdeckung, mehretagige Arbeitsbühne (Arbeitsdecks und Rollendeck als Kopfschutz), Schachtbohrgerät mit mehreren Lafetten, Greifereinrichtung, Injektionseinrichtung, Wasserhaltung (Pumpen), Zementationseinrichtung montiert bzw. vorgehalten

Die einzusetzenden Sonderkonstruktionen (Bühnen, Schachtabdeckungen, Kippgerüste, Verlagerungen usw.) müssen von dem ausführenden Unternehmen im Rahmen der Ausführungsplannungen erarbeitet und auf den Einsatzzweck abgestimmt werden.

## 2.6 Schachtausbau

Nach Freilegen des Schachtstoßes, dem evtl. Fassen der Restwässer und dem Aufbringen des Abdichtungsspritzbetons erfolgt das Sichern des Schachtstoßes mit dem vorläufigen Schachtausbau aus Ankern und Maschendraht, falls erforderlich Spritzbeton. Die Beurteilung, welche Stoßsicherung einzubauen ist, erfolgt nach Auswertung der Vorbohrung und vor Ort durch Inaugenscheinnahme durch einen erfahrenen Geologen bzw., Gebirgsmechaniker.

Der Einbau des Stahlblechmantels erfolgt von der mehretagigen Arbeitsbühne aus im Teufenbereich bis 300 m. Die Arbeiten beginnen mit dem Einbau eines kurzen sog. Fußschusses. Die Segmente des Fußschusses sind mit einem Bodenblech mit 45 cm Tiefe versehen. Der Fußschuss wird mit Stellschrauben im Bodenblech auf der Fundamentoberfläche sorgfältig ausgerichtet, verschweißt und mit hochfestem Mörtel vergossen.

Von den beiden oberen Etagen der Bühne wird der Stahlblechmantel eingebaut. Die Prüfung und eventuelle Nachbesserung der Schweißnähte erfolgt von der dritten Bühnenedage. Für den Einbau ist der ca. 4 m hohe Ausbauschuss in Segmente unterteilt. Die Segmente werden mit einer Hilfsförderung bis zum oberen Bühnendeck gefördert, dort von einer Rundlaufvorrichtung übernommen, in die Einbauposition verschwenkt und an den Einbauort herabgelassen, ausgerichtet und wasserdicht verschweißt.

Der Einkornbeton wird zwischen Spritzbetonsicherung und Stahlblechzylinder abschnittsweise gegossen. Der Stahlblechzylinder dient dabei als Schalung.

Der Einbau des Innenbetons erfolgt von einer Gleitschalung mit integrierter Arbeitsbühne aus. Das Verfahren der Gleitschalung erfolgt mit Kletterstangen und Hubzylindern. Nach Abschluss der Gleitarbeiten werden die Kletterstangen gezogen. Die im Ausbau verbliebenen Löcher werden mit Zementmörtel entsprechend der Qualität des Betons der Ausbauröhre verfüllt.

### **3. Aus- und Vorrichtung von Lagerstätten**

Ausrichtung ist ein Sammelbegriff für alle Grubenbaue, durch die die Lagerstätte zugänglich gemacht und in Sollen oder Bauabteilungen eingeteilt wird. Zur Ausrichtung gehören hauptsächlich Stollen, Schächte, Füllörter, Blindschächte, Querschläge und Richtstrecken.

Zur Vorrichtung gehören alle Grubenbaue, die zur Einleitung der Lagerstätte innerhalb der Bauabteilungen oder Sohlen entsprechend dem vorgesehenen Abbauverfahren und zum Herstellen der ersten Angriffspunkte für den Abbau dienen.

Aus- und Vorrichtungsschemata und die entsprechenden bergmännischen Arbeiten werden beeinflusst durch;

- die Gestalt der Tagesoberfläche,
- die Vorräte und Lebensdauer der Lagerstätte entsprechend der geplanten Produktionskapazität,
- die Lagerungsverhältnisse und Tektonik der Lagerstätte,
- die Gebirgsmechanischen Bedingungen,
- die hydrogeologischen Verhältnisse,
- die Gefährdung durch Gase, Gebirgsschläge, Schlagwetter,
- die technischen Einsatzbedingungen von Maschinen und Geräten,
- ökonomische Überlegungen.

#### 4. Kostenschätzung

Grundlagen der Kostenschätzung bilden die Lohn und Gerätekosten in Deutschland im Jahr 2009.

##### 4.1 Infrastruktureinrichtungen

Pos.	Beschreibung	Preis (T€ ) netto
A1	Aufbau der Infrastruktur über Tage	5.000 €
	<b>Summe</b>	<b>5.000 €</b>

##### 4.2 Fahr- und Förderschacht

Für den Schacht mit einem lichten Durchmesser von 7 m und einer Endteufe von 953 m werden folgende Kosten geschätzt:

Pos.	Beschreibung	Preis (T€ ) netto
A1	Vorbohrung und geologische Auswertung	2.150 €
A2	Bau- und Montageleistungen Fahr- und Förderschacht	
	Planung	4.000 €
	Herstellen der Zementierbohrungen und des Zementierkörpers von über Tage	1.800 €
	Einrichtungen Übertage	35.150 €
	Teufe 0 - 50 m Ausbau wasserdicht	1.900 €
	Teufe 50 -300 m mit Ausbau wasserdicht	13.000 €
	Teufe 300 -953 m mit Füllorten, Skipladestellen, Pumpenkammer	25.000 €
	Abrüsten der Baustelle	2.000 €
A3	Planung und Lieferung der endgültigen Fördereinrichtung mit Montage	35.000 €
	<b>Summe</b>	<b>ca. 120.000 €</b>

## Neuerschließung Kupferlagerstätte Baufeld Heldrungen



### 4.3 Wetterschacht

Für die Teufe eines Schachtes mit einem lichten Durchmesser von 7 m und einer Endteufe von 950 m werden folgende Kosten geschätzt:

Pos.	Beschreibung	Preis (T€ ) netto
A1	Vorbohrung und geologische Auswertung	2.150 €
A2	Bau- und Montageleistungen Wetterschacht	
	Planung	4.000 €
	Herstellen der Zementierbohrungen und des Zementierkörpers von über Tage	1.800 €
	Einrichtungen Übertage	35.150 €
	Teufe 0 - 50 m Ausbau wasserdicht	1.900 €
	Teufe 50 -300 m Ausbau wasserdicht	13.000€
	Teufe 300 -950 m mit Pumpenkammern	20.000 €
	Abrüsten der Baustelle	2.000 €
A3	Planung und Lieferung der endgültigen Förderanlagen mit Montage	20.000 €
	<b>Summe</b>	<b>ca.100.000€</b>

### 4.4 Aus- und Vorrichtung

Für die Aus- und Vorrichtung werden folgende Kosten geschätzt:

Pos.	Beschreibung	Preis (T€ ) netto
A1	Auffahrung der Grubenbaue	
	Erstellung von Strecken (5000 m x 20 m <sup>2</sup> ) EP pro m 4.500 €	22.500 €
	Maschinenräume, Werkstätten, Sprengmittellager, (400 m x 50 m <sup>2</sup> ) EP pro m <sup>3</sup> 225 €	4.500 €
	<b>Summe</b>	<b>ca. 27.000 €</b>

#### 4.5 Investitionen unter Tage

Für die Investitionen der Grundausrüstung unter Tage werden folgende Kosten geschätzt:

<b>Pos.</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Preis (T€ ) netto</b>
A1	Geräte für Vortrieb (Bohren und Sprengen) und Fördern	4.500 €
	Grundausrüstung E-Technik	2.500 €
	Wetterführung	1.500 €
	Wasserhaltung	1.500 €
	Bandanlagen	2.000 €
	Streb	8.000 €
	<b>Summe</b>	<b>20.000 €</b>



**Anlagenverzeichnis:**

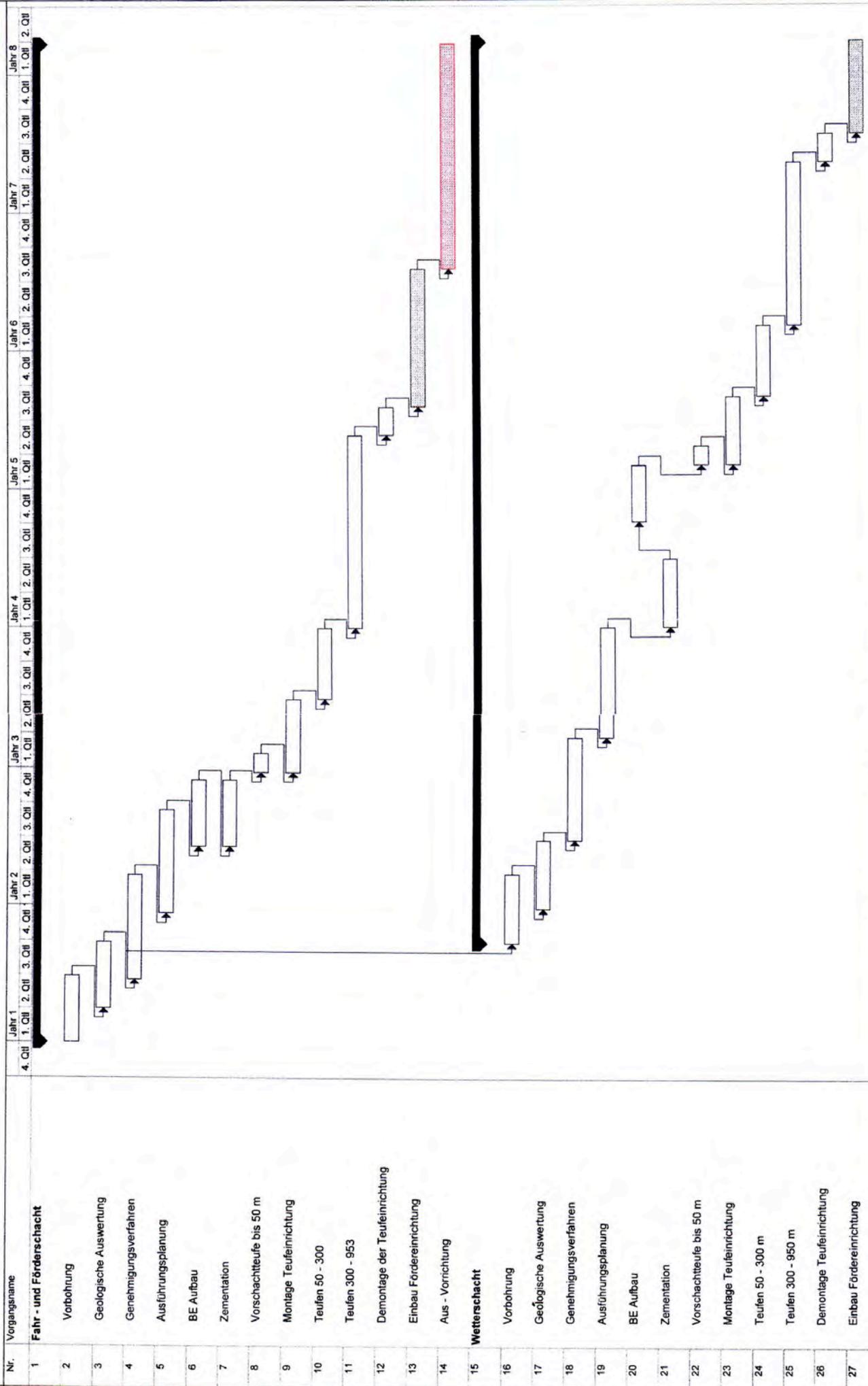
Anlage 1: Entwurf Schachtausbau Baufeld Heldrunen

Anlage 2: Bauzeitenplan



Grobzeitplan

Neuerschließung Kupferlagerstätte  
Baufeld Heldrungen



## Anlage 3

### **Finanzierungsmodell Investition (Basisvariante)**

Die Investitionskosten zur Erschließung der Lagerstätte Baufeld Heldrungen belaufen sich auf insgesamt 350 Mio.€.

Auf Grund der hohen volkswirtschaftlichen Bedeutung dieses Vorhabens für die Länder Sachsen-Anhalt und Thüringen bezüglich der Schaffung von ca. 1.750 Arbeitsplätzen wird eine Investitionsförderung von ca. 40 Mio.€ angenommen. Dieser Betrag entspricht dem zurzeit möglichen maximalen Zuschuss aus Mitteln der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“ gemäß RdErl. des Ministeriums für Wirtschaft und Arbeit Land Sachsen-Anhalt vom 01.09.2009.

Damit ergibt sich ein Finanzierungsbedarf für die Investitionen von 310 Mio.€. Im Betriebsmittelbereich ist zur Finanzierung der Forderungen aus dem Verkauf des Konzentrates, zur Vorhaltung von Hilfs- und Reparaturmaterial sowie sonstiger Aufwendungen ein Betriebsmittelkredit von ca. 10 Mio.€ erforderlich. Es wird volle Kreditierung durch eine Bank bzw. ein Bankenkonsortium mit folgenden Konditionen unterstellt:

	Langfristiges Investitions-Darlehen	Betriebsmittelkredit
Betrag	310 Mio.€	10 Mio.€
Inanspruchnahme	Beginn erstes Jahr bis Ende siebtes Jahr der Realisierung (siehe jährliche Investitionskostenübersicht)	Beginn erstes Jahr nach Realisierungsende und Produktionsaufnahme
Laufzeit	20 Jahre	20 Jahre
Zinssatz	5 % / Jahr	5 % / Jahr
Tilgung	3 tilgungsfreie Jahre nach Produktionsaufnahme  Erste Tilgung am 31.12. des 11. Jahres / letzte Tilgung am 31.12. des 20. Jahres mit 31 Mio.€	Volle Tilgung nach Produktionsende der Betriebsstätte

#### Sicherheiten:

- erstrangig vollstreckbare Gesamtgrundschuld der gesamten Firmenareale der Kreditnehmerin
- Raumsicherungsübereignung des gesamten mobilen Sachanlagevermögens der Kreditnehmerin
- Sicherungsübereignung des gesamten Warenbestandes
- Abtretung der Forderungen aus Lieferungen und Leistungen

## Anlage 4

### Ermittlung der Zinskosten aus Investitions- und Betriebsmittelfinanzierung (Basisvariante)

#### 1. Ermittlung der Zinskosten des Investitionsdarlehens (in Mio.€)

Jahr	Investitions- aufwand Netto	Tilgung	Kontostand		Durchschnitt	Zins- Aufwand
			1.1. d.J.	31.12. d.J.		
1	18,6	-		18,6	9,3	0,465
2	21,3	-	18,6	39,9	29,3	1,465
3	28,4	-	39,9	68,3	54,1	2,705
4	37,2	-	68,3	105,5	86,9	4,345
5	60,2	-	105,5	165,7	135,6	6,780
6	72,7	-	165,7	238,4	202,1	10,105
7	71,6	-	238,4	310,0	274,2	13,710
8	-	-	310,0	310,0	310,0	15,500
9	-	-	310,0	310,0	310,0	15,500
10	-	-	310,0	310,0	310,0	15,500
11	-	31,0	310,0	279,0	294,5	14,725
12	-	31,0	279,0	248,0	263,5	13,175
13	-	31,0	248,0	217,0	232,5	11,625
14	-	31,0	217,0	186,0	201,5	10,075
15	-	31,0	186,0	155,0	170,5	8,525
16	-	31,0	155,0	124,0	139,5	6,975
17	-	31,0	124,0	93,0	108,5	5,425
18	-	31,0	93,0	62,0	77,5	3,875
19	-	31,0	62,0	31,0	46,5	2,325
20	-	31,0	31,0	-	15,5	0,775
<b>Summe</b>						<b>163,575</b>

#### 2. Ermittlung der Zinskosten des Betriebsmittelkredits (in Mio.€)

Jahr	Inanspruchnahme	Durchschnitt	Zinsaufwand
8	10,0	5,0	0,25
9	10,0	10,0	0,5
bis zum 27. Jahr			18 x 0,5 = 9,0
<b>Gesamt</b>			<b>9,75 Mio.€</b>

## **Erläuterungen zum best-case-szenario**

### **Abschreibungen**

Die entscheidenden Verbesserungen gegenüber der Basis-Variante ergeben sich aus der Reduzierung der Gesamtinvestition um 40 Mio. € sowie des unterstellten Einsatzes von 62 Mio. € Investitionszuschüsse (20 % GA-Mittel).

Die Konzentration des Abbaus der Lagerstätte auf 18 Jahre wirkt dem oben genannten Effekt teilweise in der ausgewiesenen absoluten Belastung pro Jahr entgegen. Bezogen auf den Kostenträger Kupfer tritt diese Wirkung nicht ein, weil die Konzentration zwangsläufig zu einer entsprechend höheren Jahresproduktion (+11,11 % ) führt, wenn die Prämisse eingehalten wird, dass die Gesamtproduktion im Nutzungszeitraum gleich groß sein soll.

### **Instandhaltung**

Als pauschaler Ansatz wurde von einem 50-prozentiger Anteil an den Abschreibungen ausgegangen. Somit gelten die oben beschriebenen Einflüsse entsprechend.

### **Personalkosten**

Maßgeblich für die Kostenreduzierung gegenüber der Basis-Variante sind drei Festlegungen:

- Erhöhung der Leistung des Strebpersonals auf 4 m<sup>2</sup>/ Mann und Schicht (+14,3 %),
- Reduzierung der Gesamtbeschäftigten auf 1.562 Beschäftigte (-10 %),
- weitere Steigerung der Leistungsfähigkeit soweit, dass für den vorgesehenen Abbau der Lagerstätte zwei Produktionsjahre weniger erforderlich sind (+11,1%).

Konkret muss im Jahresvergleich die abzubauen Fläche von 363 Tm<sup>2</sup> (Basis-Variante) auf 403,3 Tm<sup>2</sup> (best-case-Variante) steigen. Das erfordert bei einer Leistung von 4 m<sup>2</sup>/MS bzw. 800 m<sup>2</sup>/Jahr den Einsatz von 504 Strebleuten, was lediglich 15 (2,9%) weniger als für die Basisvariante bedeutet! Für eine auf die Jahresbelastung bezogene Beurteilung wäre die Steigerung der m<sup>2</sup>-Leistung durch die Konzentration auf 18 Jahre und die damit verbundene, zwangsläufig erforderliche Produktionserhöhung um 11,1% nahezu kompensiert worden. Der eigentliche Effekt liegt aber darin, dass pro Jahr Personalkosten für Strebpersonal in Höhe von 2,9% eingespart werden. Ansonsten hätte die Konzentration zunächst zu einer Kostenbelastung geführt, die erst durch die eingesparten letzten zwei Jahre völlig kompensiert worden wären.

Da die für die best-case-Variante bei Konzentration auf 18 Jahre und Steigerung auf 4m<sup>2</sup>/MS berechneten Strebleute pro Jahr (504 MA) nicht um 10 % (d.h. 467 MA) reduziert werden können, müssen die übrigen Beschäftigten um 13,1 % reduziert

## Anlage 5/2

werden, wenn die Vorgabe mit 1.562 Gesamtbeschäftigten eingehalten werden soll,

	Basis-	Variante	best-case-	Variante
	Mitarbeiter	%	Mitarbeiter	%
Beschäftigte ges.	1.736	100,0	1.562	90,0
Strebpersonal	519	100,0	504	97,1
übriges Personal	1.217	100,0	1.058	86,9

wie folgende Rechnung belegt :

Die tatsächliche Produktivitätssteigerung, die sich aus dem Zusammenwirken aller drei genannten Faktoren ergibt sich, wenn die Erz- oder Kupferförderung auf die eingesetzten Gesamtbeschäftigten bezieht. Und diese beträgt 23,5 %!

### Nachweis:

best-case-Variante:

8.914 t Cu pro Jahr bei 1.562 Beschäftigten ergibt 5,707 t Cu pro Beschäftigten/Jahr

Basis-Variante:

8.022 t Cu pro Jahr bei 1.736 Beschäftigten ergibt 4,621 t Cu pro Beschäftigten/Jahr

5,707 t Cu pro Beschäftigten/Jahr : 4,621 t Cu pro Beschäftigten/Jahr ergibt 1,235, das ergibt eine Produktivitätssteigerung auf 123,5 %.

### Ansatz für Personalkosten:

1.562 Beschäftigte best-case-Variante für 18 Jahre

1.736 Beschäftigte Basis-Variante für 20 Jahre

45.000 Euro pro Beschäftigten / Jahr

### Hilfsmaterial:

Ansatz: 45 €/m<sup>2</sup> Abbaufäche

### Elektroenergiekosten:

Ansatz: 158,846 kWh pro m<sup>2</sup> Abbaufäche, abgeleitet aus der Dokumentation Heldrungen 1988/89 und bewertet mit einem Energiepreis von gegenwärtig 0,079 €/kWh ergibt 12,5488 €/m<sup>2</sup> Abbaufäche.

## Anlage 6

### Durchschnittliche Gehalte an Spurenmetallen im Mansfelder Kupferschiefererz <sup>1)</sup>

<b>Spurenmetall</b>	<b>Durchschnittsgehalt im Kupferschiefererz in [%]</b>
Vanadium	0,0420
Molybdän	0,0150
Nickel	0,0090
Kobalt	0,0070
Selen	0,0025
Rhenium	0,0021
Thallium	0,0010
Germanium	0,0008
Tellur	0,0003
Platin	bis 0,0005
Palladium	bis 0,0005
Gallium	bis 0,0005
Gold	bis 0,0005

<sup>1)</sup> Quelle: Verein Mansfelder Berg- und Hüttenleute e.V. / Mitteilung Nr. 86 vom 5. Februar 2007 /  
Verfasser: Dr. Gerhard Knitzschke

**Anlage 7**

**Mansfelder Halde (ehem. Thälmann-Schacht)**



**Mengenbilanz der Mansfelder Bergbauhalden (Übersicht) <sup>1)</sup>**

**1. Spitzkegelhalden**

<b>Bergbaurevier</b>	<b>Halde/Schacht</b>	<b>Haldenmenge [Mill. t]</b>
<b>Mansfeld</b>	Otto Brosowski	10,800
	Ernst Thälmann	18,600
	Fortschritt 1	16,200
<b>Sangerhausen</b>	Thomas Münzer	16,000
	Bernard Koenen 1	13,200
	Bernard Koenen 2	9,400
<b>Summe</b>		<b>84,200</b>

*Sie sind denkmalgeschützt. Die Nutzung für eine Metallgewinnung entfällt.*

**2. Flachhalden 1**

<b>Bergbaurevier</b>	<b>Halde/Schacht</b>	<b>Haldenmenge [Mill. t]</b>
<b>Mansfeld</b>	Hermann	4,700
	Lichtloch 81	3,700
	Glückhilf	3,600
	Freiesleben	5,600
	Hans Seidel	7,300
	Martins (Halde 1)	1,100
	Max Lademann	6,400
<b>Summe</b>		<b>32,400</b>

*Flachhalden, die z. Z. zurück gewonnen und zur Herstellung und zum Verkauf von Schotter genutzt werden.*

**3. Flachhalden 2**

<b>Bergbaurevier</b>	<b>Halde/Schacht</b>	<b>Haldenmenge [Mill. t]</b>
<b>Mansfeld</b>	Zirkel	7,100
	Otto	4,300
	Eduard	4,100
	Theodor	1,300
	Martins (Halden 2 und 3)	0,900
<b>Summe</b>		<b>17,700</b>

*Flachhalden, die denkmalgeschützt sind bzw. für die noch keine Rückbaugenehmigung vorliegt.*

**4. Kleinsthalden**

<b>Bergbaurevier</b>	<b>Halden</b>	<b>Haldenmenge [Mill. t]</b>
<b>Mansfeld</b>	<b>Summe</b>	<b>1,000</b>

*Kleinsthalden (verschiedene Eigentümer)*

<sup>1)</sup> Quelle: Verein Mansfelder Berg- und Hüttenleute e.V. / Mitteilung Nr. 86 vom 5. Februar 2007 /  
Verfasser: Dr. Gerhard Knitzschke

## **Kosten- und Produktivitätsspezifika des Mansfelder Kupferbergbaus**

Hauptsächlicher Faktor für die hohen Betriebskosten der Gewinnung von Kupfer im Erz sind die Personalkosten mit 78,1 Mio. €/Jahr bzw. 55,4% (Basisvariante).

Diese wiederum werden bestimmt durch die speziellen, d.h. geologisch/tektonisch bedingten Charakteristika der Lagerstätte, so dass die mögliche Effizienz der Gewinnungs- und Abbauprozesse mit anderen untertägigen Bergbauzweigen wie Kali oder Kohle und selbst mit dem in Rede stehenden und möglicherweise zukunftssträchtigen Kupferbergbau im Spremberger Raum absolut nicht vergleichbar sind.

Ursachen dafür:

- Die extrem geringe Mächtigkeit des Flözes, die mit 20-35 cm nur etwa 10-15% der in Spremberg zu erwartenden Flözmächtigkeit von ca. 2,50 m beträgt.
- In Haldungen sind zur Gewährleistung des erforderlichen Arbeitsraumes vor Streb Arbeitshöhen zu schaffen, die das 3 bis 4-fache der eigentlich abzubauenen Flözhöhe entsprechen. Das ist höchst unproduktiv und kostenlastig. Der daraus entstehende Zwang zur Beschränkung der Arbeitshöhe behindert bzw. begrenzt gleichzeitig den Einsatz leistungsfähiger Technik vor Streb.
- Die Druckfestigkeit des Kupferschieferflözes (70 und 120 MPa) ist rund 2,5mal größer als z.B. in der Steinkohle, so dass dort, wo eingeschränkt (bis 10 % der Abbaufäche) das Schäl-Schrapper-Strebbau-Verfahren (SSSB) möglich wäre, zusätzlich eine aufwendige Vorfeld-Auflockerungs-Technologie erforderlich ist.
- Eine selektive Gewinnung, d.h. Trennung des Kupferschiefers vom Nebengestein (Hangenden) ist durch fehlenden Druckfestigkeitsunterschied zwischen beiden nicht möglich.
- Charakteristisch für das extrem geringmächtige Kupferschieferflöz sind seine Störungszonen, d.h. die Zerstückelung des Erzhorizontes durch Sprunghöhen im Zentimeter- und Meterbereich.

Gegenüber diesen abbautechnisch und wirtschaftlich äußerst negativ wirkenden Faktoren steht für Haldungen positiv der relativ hohe Kupfergehalt im Erz. Er beträgt für das zum Abbau vorgesehene Erz in Haldungen 27 kg/t und liegt damit ca. 80 % über dem bisher für Spremberg bekannten Lagerstättendurchschnitt.

Durch die wesentlich mächtigere Flözhöhe in Spremberg ergibt sich jedoch eine Kupferschüttung je m<sup>2</sup>-Abbaufäche von 86,6 kg/m<sup>2</sup>. Das aber ist gegenüber Haldungen immerhin fast das 4-fache, was für Produktivität und von Kosten ein ganz entscheidender Faktor ist.

Dazu kommt in Spremberg der Wegfall des Problems der Arbeitshöhen, so dass in Spremberg eine hoch leistungsfähige Technik z. B. aus dem Kohlebergbau eingesetzt werden könnte.

## Anlage 9/2

Für Haldungen müssen klein dimensionierte Sonderentwicklungen in Auftrag gegeben werden, deren Leistungsfähigkeit zwangsläufig nicht an moderne und erprobte Großgeräte heran reicht.

Die der Basis- und best-case-Variante zu Grunde liegenden Personalkosten entsprechen einem Einsatz an Strebpersonal, der folgende Zielstellungen für technische Entwicklungen enthält:

Steigerung der Leistung von 2,98 m<sup>2</sup>/Mann u. Schicht nach im Sangerhäuser Revier bekannten und angewendeten Abbaufahren auf 3,50 m<sup>2</sup>/Mann u. Schicht und nach der best-case-Variante auf 4,00 m<sup>2</sup>/Mann und Schicht.

Die Gesamtbeschäftigten werden von 2.616 auf 1.736, d.h. um 33,6 % bei der Basisvariante und auf 1.562, d.h. um 40,3 % bei der best-case-Variante reduziert.

Durch diese Konzeption steigt die Produktivität, ausgedrückt in Tonnen gefördert Kupfer/Beschäftigten und Jahr, gegenüber dem Stand von 1988 durch technische Entwicklungen und Rationalisierung sowie durch Konzentration des vorgesehenen Abbaus der Lagerstätte von damals erforderlichen 26 Jahren auf 20 Jahre (Basis Variante) bzw. 18 Jahre (best-case-Variante) von 2,359 t auf 4,621 t, d.h. auf 195,9% (Basis Variante) bzw. auf 5,707 t, d.h. auf 241,9% für die best-case-Variante.