



Diplomarbeit

Logistik-Konzepte für den Roherztransport der Grube Clara

Angefertigt für die Fa. Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG

Thomas Seidl, BSc.

Betreuer: Dr. Mont. Dipl.-Ing. Philipp Hartlieb

07.11.2015

Ehrenwörtliche Erklärung

„Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.“

Leoben, 07.11.2015

Thomas Seidl, BSc.

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird auf eine geschlechtsspezifische Differenzierung in dieser Arbeit, wie z.B. TeilnehmerInnen, verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung für beide Geschlechter.

Vorwort, Widmung, Danksagung

Ich möchte mich recht herzlich bei Herrn Dipl.-Ing. Michael Nelles und Herrn Dipl.-Ing. (FH) Hans-Jörg Kovac der Firma Sachtleben Bergbau GmbH & Co KG für die Ermöglichung der Diplomarbeit, die Betreuung und für die Unterstützung bedanken.

Weiters möchte ich mich bei den Mitarbeitern der Firmen Sachtleben Bergbau GmbH & Co KG, Müller & Fleig GmbH und Günther Dieterle für die Unterstützung bei der Aufnahme der derzeitigen Situation bedanken.

Mein Dank gilt meinem Betreuer Herrn Dr. Mont. Dipl.-Ing. Philipp Hartlieb, der mich mit Vorschlägen und Fachwissen bei der Erstellung meiner Diplomarbeit unterstützt hat.

Besonders möchte ich mich bei meinen Eltern Wilfried und Christine Seidl für die Ermöglichung des Studiums und die unermüdliche Unterstützung bedanken.

Ganz herzlich möchte ich mich bei meiner Freundin Bianca Morent bedanken, die immer ein offenes Ohr für meine Probleme hatte, mich stets motiviert und fachlich sowie menschlich unterstützt hat.

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird das derzeitige Förderkonzept des Schwer- und Flussspat-Bergbaues Grube Clara der Sachtleben Bergbau GmbH & Co KG untersucht und alternative Förderkonzepte erarbeitet, um zukünftig einen wirtschaftlicheren Roherztransport zu ermöglichen. Als Grundlage werden die vor Ort erfassten Abläufe und Herausforderungen der aktuellen, fremdvergebenen LKW-Förderung unter den gegebenen Rahmenbedingungen ausgewertet und erläutert.

Es werden mehrere, Anhand ihrer grundsätzlicher Tauglichkeit für den Erztransport ausgewählte, stetige und unstetige Fördersysteme beschrieben und deren möglicher Einsatz bezogen auf die Förderung der Grube Clara angeführt. Um die wechselnden Rahmenbedingungen entlang der Gesamtförderstrecke entsprechend zu berücksichtigen, wird diese sowohl für den Roherztransport von der Grube zur Aufbereitung als auch die Rückfahren von Aufbereitungsabgängen in homogene Teilstrecken unterteilt.

Die Eignung der unterschiedlichen Fördersysteme wird für jede Teilstrecke bewertet und Förderkonzepte unter Nutzung der geeigneten Fördersysteme entwickelt. Als Ergebnis dieser Beurteilung werden die LKW-Einsatzszenarien "Durchgehender Transport mit einheitlicher LKW-Flotte", "Einheitliche LKW-Flotte mit Umladung", "Unterschiedliche LKW-Bauarten mit Umladestation" und "Behältertransport mit unterschiedlichen LKW-Bauarten" kombiniert mit jeweils einem über- und untertägig situierten Umladepunkt detailliert geplant und eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt.

Vom Großteil dieser Varianten ist aus betrieblicher oder wirtschaftlicher Sicht abzusehen. Der Einsatz von Wechselbehältern in Kombination mit einem übertägigen Umladepunkt verspricht Einsparungspotential, allerdings sind die Bergbautauglichkeit dieses Systems in einem Versuch zu prüfen und die Höhe der neu anzuwendenden Frachttarife zwischen Bergbaubetrieb und Fuhrunternehmer zu klären.

Abstract

This diploma thesis deals with the examination of the current, subcontracted, truck based haulage system of the fluorite and barite mine Grube Clara operated by Sachtleben Bergbau GmbH & Co KG. Several haulage concepts are examined to provide a more economic material transport in the future. The aim is to develop a cost-effective haulage system meeting the requirements for Grube Clara.

Based on their general ability of ore-haulage, multiple transport technologies are characterized to recognize possible fields of operation at Grube Clara. Due to the changing requirements along the transport route, it is divided into separate sections. The suitability of the haulage technologies is evaluated for each section in order to develop haulage systems meeting the requirements.

The evaluation leads to detailed planning and feasibility calculations of the operation modes "uniform truck fleet", "uniform truck fleet with transshipping", "two truck-types with transshipping" and "container transport", each combined with underground and surface transshipping facilities.

Most of the models are discarded due to operational or economic reasons. The use of containers promises economic advantages. However, it is necessary to proof the suitability of the system in a mining environment in a trial run and furthermore to negotiate the freight rate between the mine operator and the transport contractor.

Inhaltsverzeichnis

Ehrenwörtliche Erklärung	II
Vorwort, Widmung, Danksagung	III
Zusammenfassung	IV
Abstract	V
Inhaltsverzeichnis	VI
1 Zielsetzung	1
2 Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG und Grube Clara	2
2.1 Lagerstätte	3
2.2 Geschichtliche Entwicklung	5
2.3 Gewinnungsbetrieb	6
2.4 Förderung Erz/Berge	8
2.5 Aufbereitung	13
2.6 Bergwirtschaft	14
3 Analyse des derzeitigen Fördersystems	17
3.1 Betriebliche Datenerfassung	19
3.2 Fördermengen	20
3.3 Rahmenbedingungen	23
3.3.1 Schicht-, Pausen-, und Sprengzeiten	23
3.3.2 Lenkzeiten	24
3.3.3 Zulässiges Gesamtgewicht	25
3.4 Organisation	26
3.5 Fahrzeuge	27
3.6 Fahrzeiten in der Grube	29
3.7 Fahrzeiten zwischen Grube und Aufbereitung	31
3.8 Fahrzeiten zu den Halden	32
3.9 Beladung der LKW	33
3.10 Betriebserschwernisse	34
3.10.1 Verstopfte Rolllöcher	34
3.10.2 Gegenverkehr	35
3.11 Förderkosten	36
4 Fördersysteme	37
4.1 Stetige Fördersysteme	38

4.1.1	Gummigurttförderer.....	38
4.1.2	Schlauchgurttförderer	40
4.1.3	Seilbahn.....	43
4.1.4	RopeCon®.....	45
4.1.5	Taschengurttförderer	48
4.2	Unstetige Fördersysteme.....	50
4.2.1	Fahrlader (LHD).....	50
4.2.2	LKW	52
4.2.3	Gleisförderung	54
4.2.4	Gefäßförderung (Skip)	56
4.2.5	Sturzschacht/Rolloch	57
5	Förderkonzepte	58
5.1	Untertägige Förderung	63
5.1.1	LKW Förderung untertage	63
5.1.2	Kontinuierliche Förderung untertage.....	64
5.2	Übertägige Förderung	66
5.2.1	LKW Förderung übertage	66
5.2.2	Kontinuierliche Förderung obertage.....	67
5.3	Durchgängige Förderung.....	68
5.3.1	Durchgängige LKW Förderung	69
5.3.2	Durchgängige Behälterförderung	69
5.3.3	Durchgängige kontinuierliche Förderung	70
5.4	Schlussfolgerung Förderkonzept.....	71
6	Detailplanung	73
6.1	Materialumladung	73
6.1.1	Zwischenhalden (obertage & untertage)	75
6.1.2	Direktumladung (obertage & untertage).....	76
6.1.3	Umladestation obertage	77
6.1.4	Umladestation untertage zwischen Rankachstollen und LKW-Rampe	81
6.1.5	Umladestation untertage in der LKW-Rampe.....	83
6.1.6	Behältertransport (obertage & untertage)	85
6.2	LKW-Einsatz.....	87
6.2.1	LKW-Einsatz mit einheitlicher Flotte	87
6.2.2	LKW-Einsatz mit unterschiedlichen LKW	89

6.2.3	LKW-Einsatz mit Behältertransport	91
6.3	Schlussfolgerung Detailplanung	92
7	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	93
7.1	Wirtschaftliche Gegenüberstellung LKW-Einsatz	93
7.2	Wirtschaftliche Gegenüberstellung Umladevarianten	101
8	Schlussfolgerung.....	103
8.1	Einheitliche Flotte (derzeitige Variante)	104
8.2	Einheitliche LKW-Flotte mit Umladestation.....	105
8.3	Unterschiedliche LKW-Bauarten.....	106
8.4	Behältertransport.....	107
8.5	Empfehlung	108
	Literaturverzeichnis	109
	Abbildungsverzeichnis.....	110
	Tabellenverzeichnis.....	113
	Abkürzungsverzeichnis	115
	Anhang 1: Kartenwerk.....	I
	Anhang 2: Messwerte.....	VIII
	Anhang 3: Berechnungen.....	XIII

1 Zielsetzung

Die Firma Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG betreibt am Standort Oberwolfach/Rankach mit der Grube Clara einen untertagigen Bergbau auf Flussspat und Schwerspat. Das Roherz wird untertage nahe der Abbaue auf straßentaugliche LKW verladen und über die knapp 5 km lange LKW-Rampe zu Tage gefördert und anschließend über das öffentliche Straßennetz zur Aufbereitungsanlage im 15 km entfernten Wolfach transportiert. Die maximale Lademenge der eingesetzten 4-Achs LKW ist dabei durch das zulässige Gesamtgewicht auf den öffentlichen Straßen vorgegeben und nutzt die technisch mögliche Zuladung der Fahrzeuge nicht aus.

Im Rahmen dieser Arbeit sind daher Förderkonzepte zu erarbeiten und zu prüfen, um zukünftig einen wirtschaftlicheren Roherztransport unter den gegebenen Rahmenbedingungen zu ermöglichen. Besonderes Augenmerk ist dabei auf den getrennten Transport der unterschiedlichen Roherzsorten sowie den Rücktransport der Aufbereitungsabgänge in die Grube als Versatz und auf die Halde Schlauch II zu richten.

2 Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG und Grube Clara

Die Firma Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG betreibt in Oberwolfach/Rankach mit der Grube Clara einen Flussspat- und Schwerspatbergbau mit ca. 40 Mitarbeitern. Die Ganglagerstätte wird mittels Teilsohlenweitungsbaue hereingewonnen und das Roherz in der betriebseigenen Aufbereitungsanlage in Wolfach zu Konzentratprodukten verarbeitet. Die jährlichen Produktionszahlen sind in Tabelle 1 angeführt.

Roherzproduktion	70.000 - 100.000 t/a	Schwerspat-Roherz
	60.000 - 90.000 t/a	Flussspat-Roherz
	140.000 - 180.000 t/a	Gesamtproduktion
Konzentratproduktion	45.000 - 55.000 t/a	BaSO ₄ -Konzentrat
	~ 5.000 t/a	Betonspat
	~ 30.000 t/a	CaF ₂ -Konzentrat

Tabelle 1: Produktionszahlen der Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG [2]

2.1 Lagerstätte

Die Ganglagerstätte umfasst einen steil einfallenden Schwerspat- sowie einen dazu parallel verlaufenden Flußspatgang. Die beiden Gänge werden vom ebenfalls steil einfallenden Diagonaltrum mit vorwiegender Schwerspatvererzung geschnitten. Die Gänge sind in Streichrichtung durch Störungszone scharf begrenzt. Eine weitere Störungszone, die sogenannte Ruschelzone, teilt die Gänge in Nord- und Südbereich. Das Lagerstättenmodell ist in Abbildung 1 dargestellt.

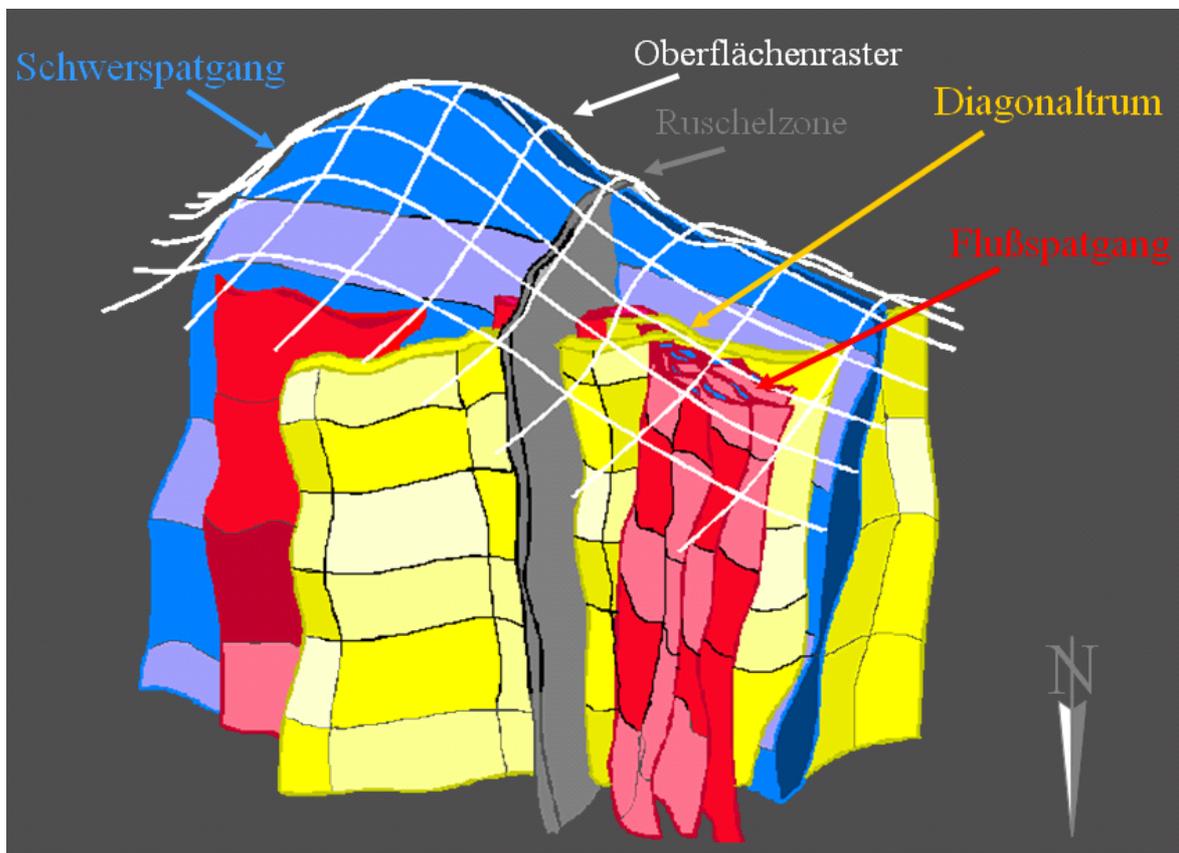


Abbildung 1: Lagerstättenmodell der Grube Clara [2]

Zurzeit ist eine Teufenerstreckung der Lagerstätte von 800 m nachgewiesen. Das Ende der Gänge zur Teufe hin ist noch nicht bekannt, allerdings nähern sich Schwerspat- und Flussspatgang aneinander an und weisen Verästelungen und Überlappungen auf. Die gebräuchlichen Gebirgsverhältnisse verhindern die Herstellung von Explorationskernbohrungen, weshalb Informationen zum weiteren Verlauf der Gänge nur mittels bergmännischer Exploration durch Auffahren der Teilsohlen und Extrapolation der bereits bekannten Lagerstättenbereiche gewonnen werden können. Die Gänge sind wasserführend und müssen vor Beginn der Abbautätigkeiten durch Entwässerungsbohrungen trockengelegt werden. In Tabelle 2 sind die Geometrie und die mineralogische Zusammensetzung der Gänge aufgeführt. Die Namensgebung der Gänge bezieht sich auf das Hauptmineral, während die Zusammensetzung stark variiert. So kann Erz aus dem Schwerspatgang bis zu 40 % Flussspat aufweisen, während der Flussspatgang bis zu 25 % Schwerspat erreicht. Als wesentliches Nebenmineral tritt Quarz auf.

	Geometrie				Zusammensetzung		
	Mittlere Mächtigkeit	Bauwürdige Länge in Streichrichtung	Streichrichtung	Mittleres Einfallen	Flussspat	Schwerspat	Quarz
	[m]	[m]		[°]	[%]	[%]	[%]
Flussspatgang	3,5	300-400	NW-SO	70-80	55-90	0-25	0
Schwerspatgang	3,5	600	NW-SO	60-80	5-40	50-90	5-30
Diagonaltrum	2,5	bis 250	W-O	80-90	10-80	10-90	25-95

Tabelle 2: Geometrie und Zusammensetzung der erzführenden Gänge [2]

2.2 Geschichtliche Entwicklung

Es existieren frühe Überlieferungen eines Silberbergbaus im Bereich des heutigen Bergbaugebiets. Erste Aufzeichnung über den Bergbau datieren aus dem Jahr 1652. Schwerspat wurde erstmals 1850 bis 1875 abgebaut. Ab 1898 wurde erneut die Schwerspatgewinnung mit Gleisförderung im Niveau des 4. Stollen aufgenommen, der weitere Aufschluss zur Teufe erfolgte über einen Blindschacht mit Schachtförderung. Mit der 1907 erbauten, 4 km langen Seilbahn vom 4. Stollen zur Verladestelle im Wolftal wurde eine Förderkapazität von 100 t pro Tag erreicht. Während des 1. und 2. Weltkriegs wurde die Produktion durchgehend aufrecht erhalten. Nach der Verlegung der Tagesanlagen vom 4. Stollen ins Rankachtal (9. Sohle) 1967 konnten der Seilbahnbetrieb und die Schachtförderung eingestellt werden.

Während der 1970er Jahre erfolgte die Auffahrung der Förderrampe zur 12. Sohle und der Hauptwendel zwischen 9. und 12. Sohle. Als Abbauverfahren wurde der Teilsohlenweitungsbau mit zementgebundenem Versatz eingeführt und auf Gleislostechnik mit Dieselfahrzeugen umgestellt. 1978 begann die Produktion von Flussspat.

Der Grubenbetrieb wurde laufend modernisiert und rationalisiert, beispielsweise durch den Einsatz funkferngesteuerter Radlader, Ersatz des Bindemittel Zement durch Steinkohlenflugasche, Beginn der regelmäßigen Kupfer- und Silberproduktion als Nebenprodukt, Einführung von Stahlfaserspritzbeton als Regelausbau, mechanisiertem Beräumen und der Einführung des Streckenvortriebs mittels Schneidkopfbagger. [2]

2.3 Gewinnungsbetrieb

Die Lagerstätte wird im Wesentlichen durch die LKW-Rampe mit einem Querschnitt von 5 x 6 m und einer maximalen Neigung von 1:8, sowie den ebenfalls LKW-gängigen Rankachstollen auf Höhe der 9. Sohle aufgeschlossen. Drei Wendeln (Nord-, Süd-, und Diagonaltrumwendel) mit einer Neigung von 1:7 dienen der Ausrichtung der Teilsohlen und sind nur für PKW und Spezialbergbaufahrzeuge befahrbar. In den tieferen Bereichen unterhalb der Nordwendel werden die Teilsohlen direkt an die LKW-Rampe angeschlossen. Abbildung 2 zeigt den Schwerspatgang (dargestellt zwischen 12. und 19. Sohle) aus westlicher Richtung mit der im Liegenden aufgefahrenen Infrastruktur. Aktuell ist die LKW-Rampe bereits bis zum Niveau der geplanten 19. Sohle aufgefahren. Ausgenommen Rankachstollen, LKW-Rampe sowie den Zufahrten zu den Ladestellen sind die Grubenbauten nicht LKW-gängig und können nur mit Bergbaugeräten und Mannschaftsfahrzeugen (PKW) befahren werden.

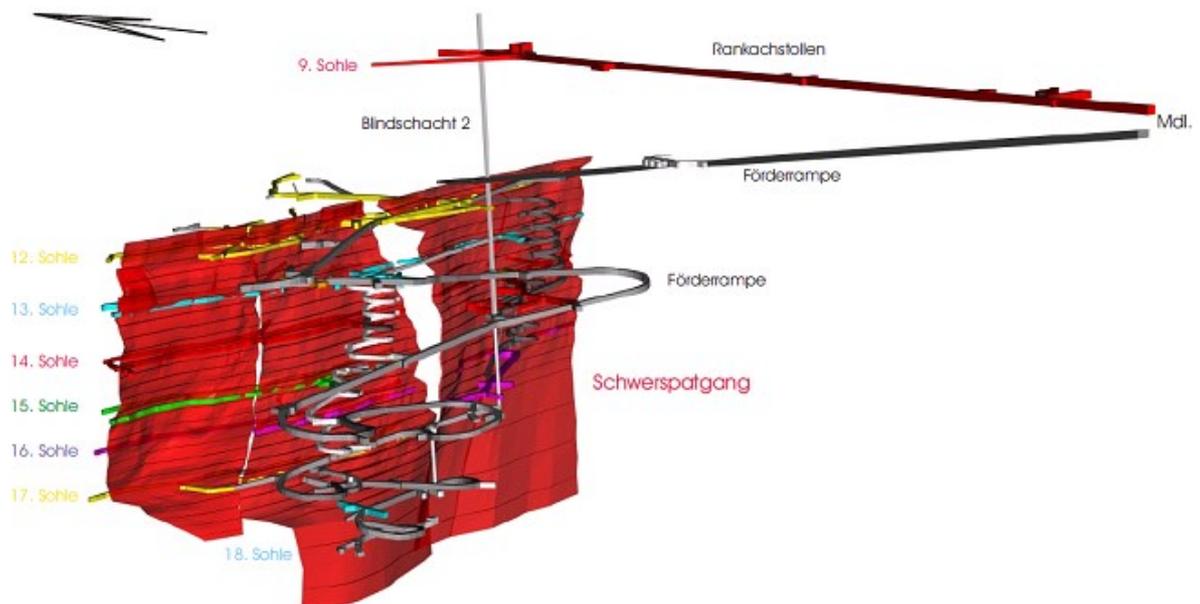


Abbildung 2: Raumbild von Schwerspatgang und Infrastruktur der Grube Clara zwischen 9. und 19. Sohle [2]

Die Gewinnung konzentriert sich zukünftig auf die Bereiche Teilsohle 15.2 bis 20. Sohle in der Nordwendel, Teilsohle 14.3 bis 17.2 in der Südwendel sowie auf die neue Diagonaltrumwendel im Bereich 5. Stollen bis 12. Sohle. [1]

Die Lagerstätte wird in Baufeldern von oben nach unten abgebaut. In den einzelnen Baufeldern wird das Erz im Teilsohlenweitungsbaue steigend (von unten nach oben) im Rückbau (an der Lagerstättengrenze beginnend) hereingewonnen. Entsprechend Abbildung 3 wird dazu, ausgehend von der Wendel, auf jeder Teilsohle ein Querschlag in die Lagerstätte bis zum Hangenden vorgetrieben. Im Streichen der Gänge werden Strecken bis zur Grenze der Lagerstätten aufgeföhren. Die Teilsohlen werden im Liegenden mit Rollen für Berge, Schwerspat, Flußspat und Bewetterung verbunden.

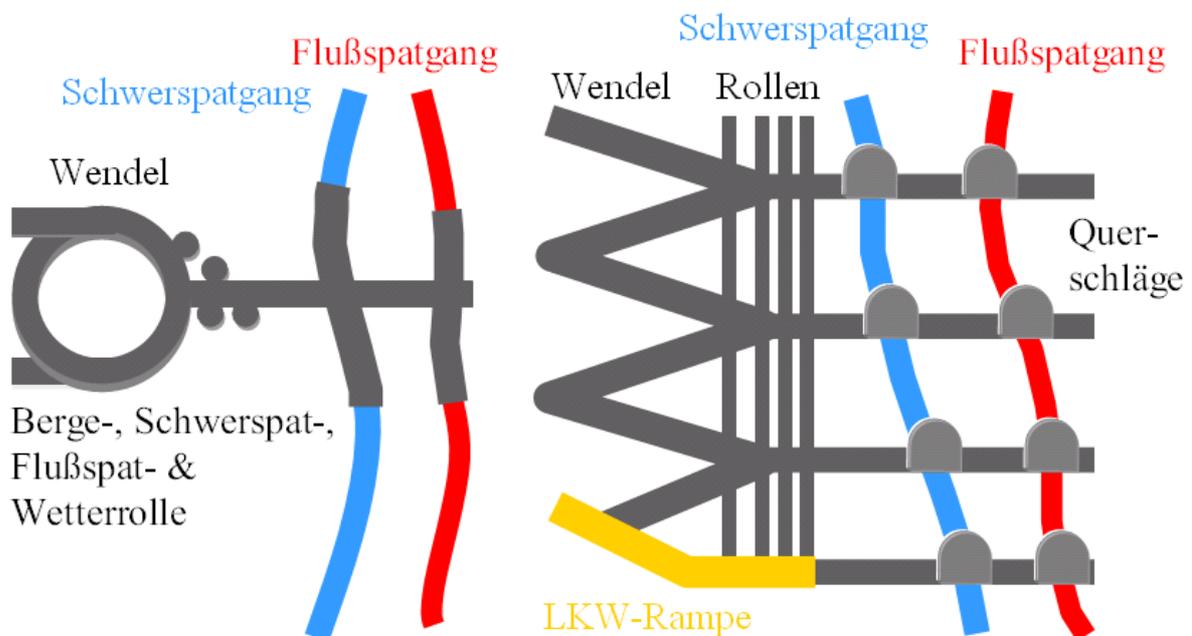


Abbildung 3: Aus- und Vorrichtung der Teilsohlen (Grundriss und Querschnitt) [2]

Im Anschluss wird der Gangbereich der Lagerstätte zwischen zwei übereinanderliegenden Teilsohlen im Rückbau durch Bohr- und Sprengarbeit, wie in Abbildung 4 dargestellt, hereingewonnen. Dazu wird mittels Fächerbohrung und Sprengung, ausgehend vom Ende der Fußstrecke, eine Weitung zwischen Fuß- und Kopfstrecke hergestellt. Das Erz wird in der Fußstrecke mittels LHD weggeföhrt und der Abbauhohlraum durch weitere Bohrungen und Sprengungen von der Kopfstrecke aus vergrößert. Hat der Abbau die maximale Größe entsprechend der Standfestigkeit des Gebirges erreicht, werden mittels LHD

Vortriebsberge und Aufbereitungsabgänge als Versatz eingebracht. Anschließend wird die Fußstrecke mittels Versatzdamm abgeriegelt und der verbleibende Hohlraum mit Steinkohleflugaschesuspension versetzt. Nach der gleichen Vorgehensweise wird im Anschluss der nächste Abbau aufgefahren. Die Versatzoberfläche in der Kopfstrecke wird planiert und dient in weiterer Folge als Arbeitsfläche für den Abbau der darüber liegenden Teilsohle.



Abbildung 4: Abbausequenz Teilsohlenweitungsbaus (Aufbruch mittels Fächerbohrung, wegfordern des Hauwerks, Erweitern des Abbaus, Versetzen und Nutzung als Arbeitsfläche für die darüber liegende Teilsohle) [1]

2.4 Förderung Erz/Berge

Das Roherz aus den Vortrieben im Gangbereich und den Abbauen wird mittels Schaufelfahrlader aufgenommen und zu den zentralen Erzrollen gefördert (siehe Abbildung 5). Je Abbaubereich sind zwischen ein und drei Erzrollen vorhanden, welche sortenrein genutzt werden.

Es werden folgende Erzsorten unterschieden:

- Schwerspaterz
- Ag-Schwerspaterz (Silberspat)
- Flusspaterz
- Diagonaltrum-Flusspaterz
- Mischerz

Die Bestimmung der Erzsorte erfolgt durch Inaugenscheinnahme während dem Streckenvortrieb mit Unterstützung von Laboranalysen an Hauwerksproben. Ein

Wechsel der Erzsorte in einer Rolle ist möglich, wenn die Rolle vorher entleert und alle Beteiligten informiert wurden.

Eine zusätzliche Bergerolle dient zu Beginn der Abförderung von Vortriebsbergen und in weiterer Folge der Versorgung mit Bergen für den Versatz.

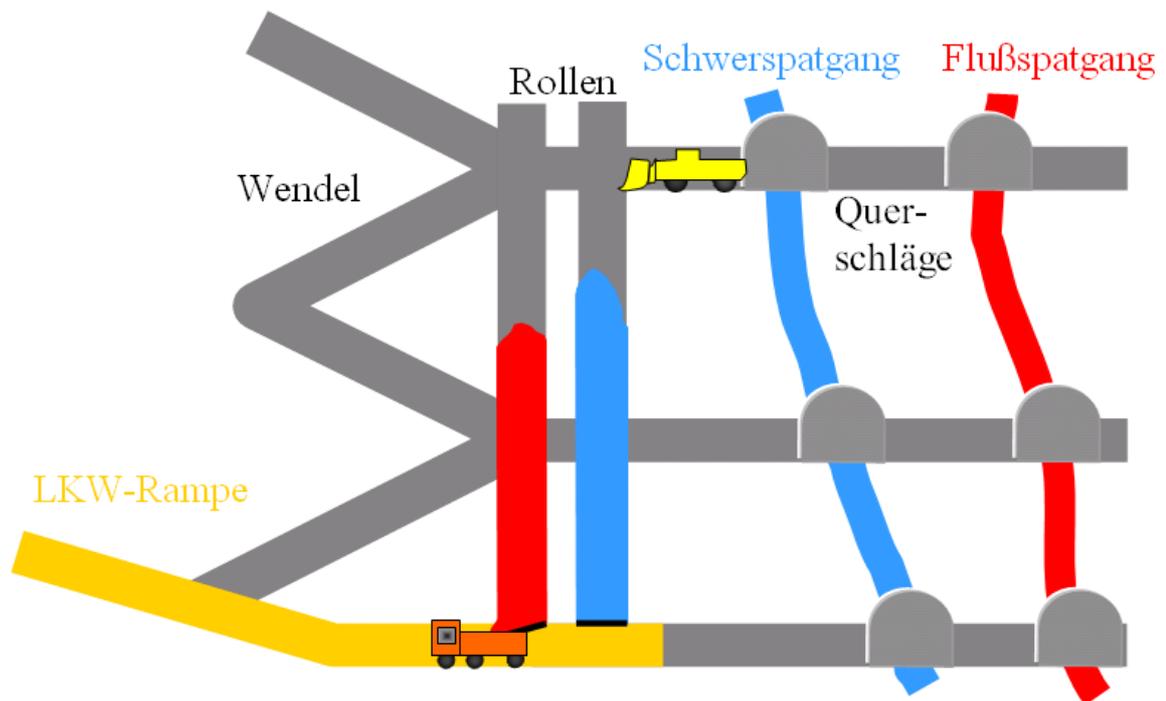


Abbildung 5: Beladung der LKW über Rollen [2]

Alle Rollen sind mit pneumatischen Ladeschnäbeln ausgestattet und über LKW-gängige Strecken erreichbar (Abbildung 6 und Abbildung 7). Für die Zeit der Aus- und Vorrichtung, wenn noch keine Rollenschnäbel installiert sind, erfolgt die Beladung der LKW mittels Radlader (Abbildung 8).

Das Erz wird mittels LKW zur Aufbereitung transportiert. Die Berge aus den tiefen Bereichen werden je nach Versatzbedarf mittels LKW zu höher gelegenen untertägigen Bergkippstellen am Kopf der Bergerollen oder zur übertägigen Bergeausgleichshalde (untere Breiethalde) transportiert.



Abbildung 6: LKW-Beladung aus einer Erzrolle auf der 18. Sohle



Abbildung 7: Bedienung der pneumatischen Rollenschnäbel auf der 18. Sohle



Abbildung 8: LKW-Beladung mittels Radlader auf Teilsohle 18.2

Die Erztransporte erfolgen über die LKW-Rampe nach Übertage zum Zechengelände im Rankachtal. Dort verlassen die Fahrzeuge das Betriebsgelände und gelangen auf das öffentliche Straßennetz. Die Zu- und Ausfahrt ist durch eine funkferngesteuerte Schranke gesichert. Die Fahrtroute folgt dem Rankach- und Wolfstal über Oberwolfach auf der L96. Das Ortszentrum von Wolfach wird über den Reutherbergtunnel der B294 umfahren.

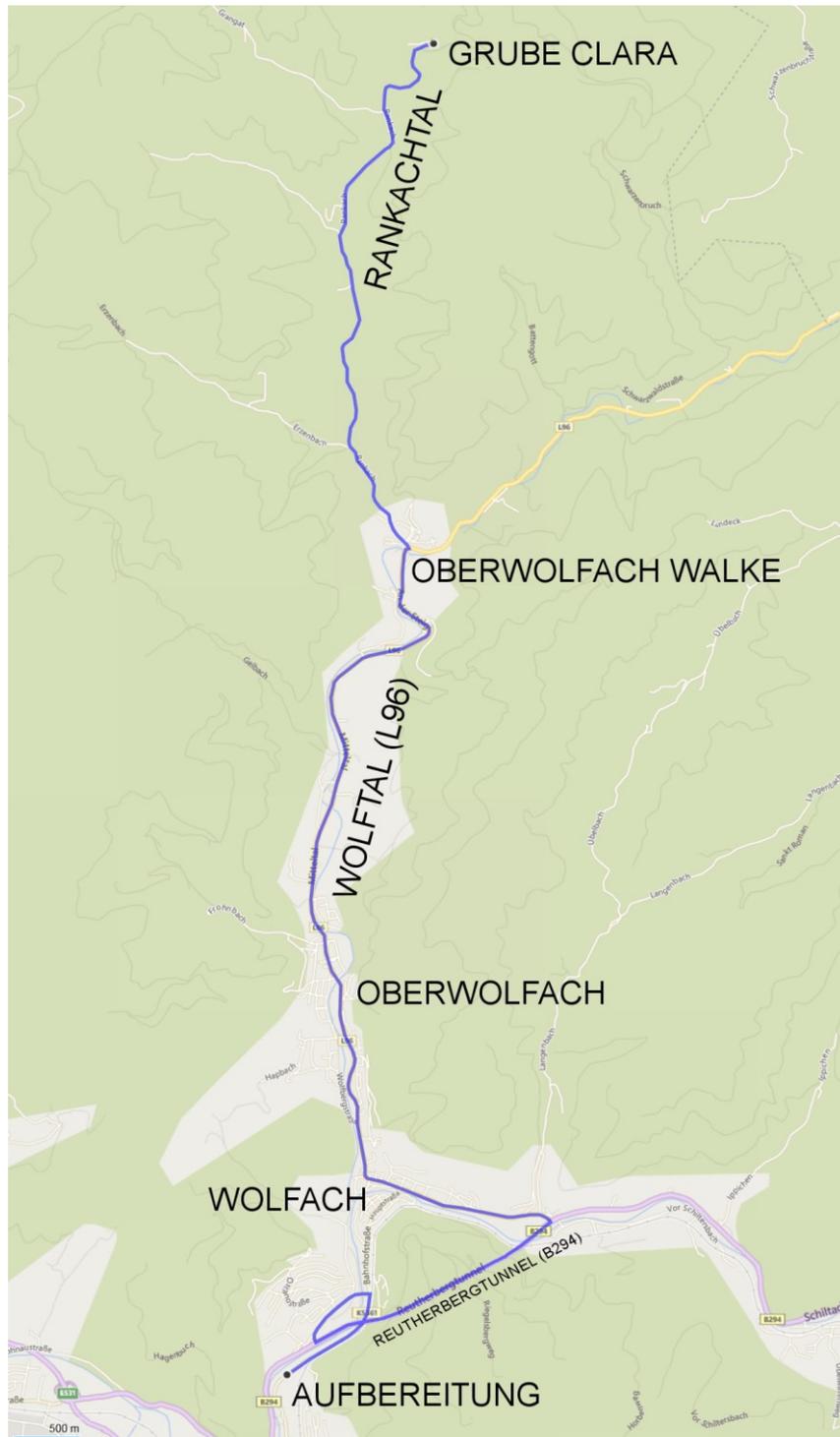


Abbildung 9: Transportroute Grube Clara - Aufbereitung Wolfach

Nach Ankunft am Gelände der Aufbereitungsanlage in Wolfach werden die LKW zuerst gewogen (die Taragewichte der LKW sind im System hinterlegt) und das Roherz getrennt nach Erzsorten auf Halden am Freigelände zwischengelagert. Abhängig von der laufenden Produktion kann das Roherz auch direkt auf den Vorbrecher der Aufbereitungsanlage aufgegeben werden.

2.5 Aufbereitung

Das Roherz wird in der Aufbereitungsanlage chargenweise und sortenrein verarbeitet, wodurch die Fahrweise der Anlage an die jeweilige Erzsorte angepasst werden kann. Von den Halden am Freigelände wird das Roherz mittels Radlader dem Vorbrecher der Schwertrübeanlage aufgegeben und auf <16 mm gebrochen. Durch zweistufig geschaltete Tri-Flow-Scheider erfolgen das Abscheiden der Berge aus der grobkörnigen Fraktion 1,2/16 mm sowie die Trennung von Schwerspatkonzentrat und Flussspatkonzentrat. Die Sortierung des Feinguts >1,2 mm erfolgt mittels Humphrey-Spiralen. Die grobkörnigen Berge aus diesem Prozessschritt werden als "Setzberge" bezeichnet und am Freigelände gelagert. Das Konzentrat aus der Dichtesortierung wird beprobt, analysiert und zwischengelagert. Aufgrund der Ergebnisse wird entschieden welches Endprodukt produziert wird und welche weiteren Aufbereitungsschritte erfolgen. Dazu stehen verschiedene Flotationsbänke, Mühlen und Trocknungseinrichtungen zur Verfügung (siehe Abbildung 10). Die feinkörnigen Berge aus allen Aufbereitungsschritten werden gesammelt, entwässert und der Sand aus den Absetzbecken sowie TSM (tonig, schluffiges Material)/Filterkuchen aus der Kammerfilterpresse am Freigelände gelagert. Die Lagerflächen für Roherz und Aufbereitungsabgänge sind in Abbildung 49 im Anhang dargestellt.

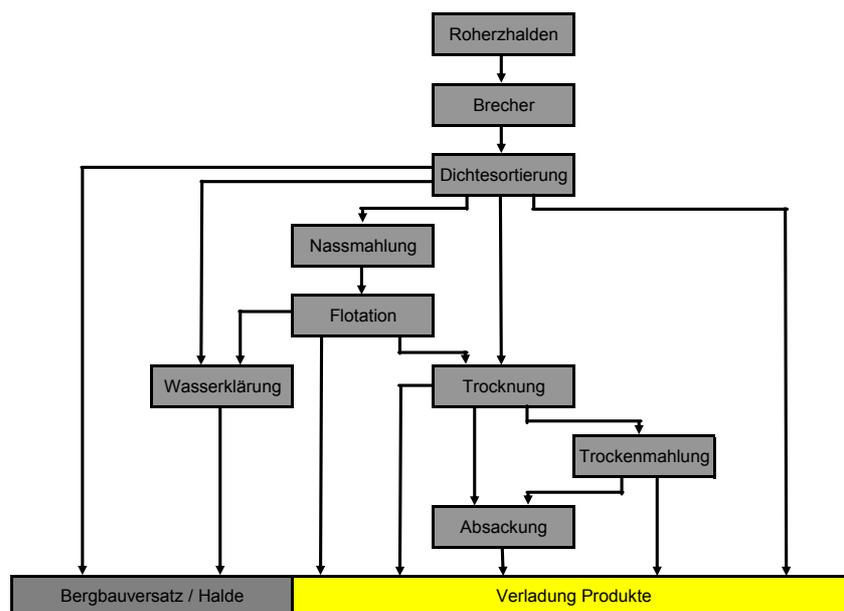


Abbildung 10: Verfahrensschema Aufbereitung Wolfach [2]

2.6 Bergewirtschaft

Die im Streckenvortrieb anfallenden Berge werden nach Möglichkeit direkt im Grubenbetrieb versetzt. Um die Schwankungen der anfallenden Bergemengen und des Bedarfs an Versatzmaterial zu kompensieren, steht mit der unteren Breiethalde eine Bergeausgleichshalde zur Verfügung. Der Abtransport aus den Teilsohlen zu den Bergerollen und von den Bergerollen in den zu versetzenden Abbauhohlraum erfolgt mittels Fahrlader. Die parallel zu den Erzrollen aufgefahren Bergerollen erfüllen eine Puffer- und Transportfunktion. Für den Transport der Berge in höher gelegene Erzrollen oder auf die Bergeausgleichshalde, werden die zur Erzförderung eingesetzten LKW herangezogen.

Die derzeit in der Explorationsstrecke 5. Stollen anfallenden Berge werden in die Halde Schlauch II eingebracht.



Abbildung 11: Halde Schlauch II

Im Aufbereitungsprozess fallen die drei Bergesorten Setzberge, Sand und TSM/Filterkuchen an, die sich durch ihre Korngröße unterscheiden und getrennt am Freigelände für den Rücktransport mittels LKW in die Grube oder auf die Halde Schlauch II zwischengelagert werden.



Abbildung 12: LKW-Beladung in Wolfach für den Rücktransport

Nach Möglichkeit werden die Aufbereitungsabgänge als Versatz in die Abbauhohlräume eingebracht. Die darüber hinausgehende Menge wird während den trockenen Witterungsperioden der Sommermonate in die Halde Schlauch II eingebracht. Nach Inbetriebnahme der Halde Schlauch II wurde die Halde Schlauch I rekultiviert. Mit der mittleren Breiethalde steht ein Zwischenlager, für zum Einbau in die Halde Schlauch II vorgesehenen Sand, zur Verfügung. Diese Zwischenlagerung ist notwendig, um den geschichteten Einbau der unterschiedlichen Materialien in der Halde zu gewährleisten. Die obere Breiethalde ist mittlerweile rekultiviert und diente bis 2013 als Sandausgleichshalde. Die Lage der Haldenflächen ist in Abbildung 13 dargestellt.

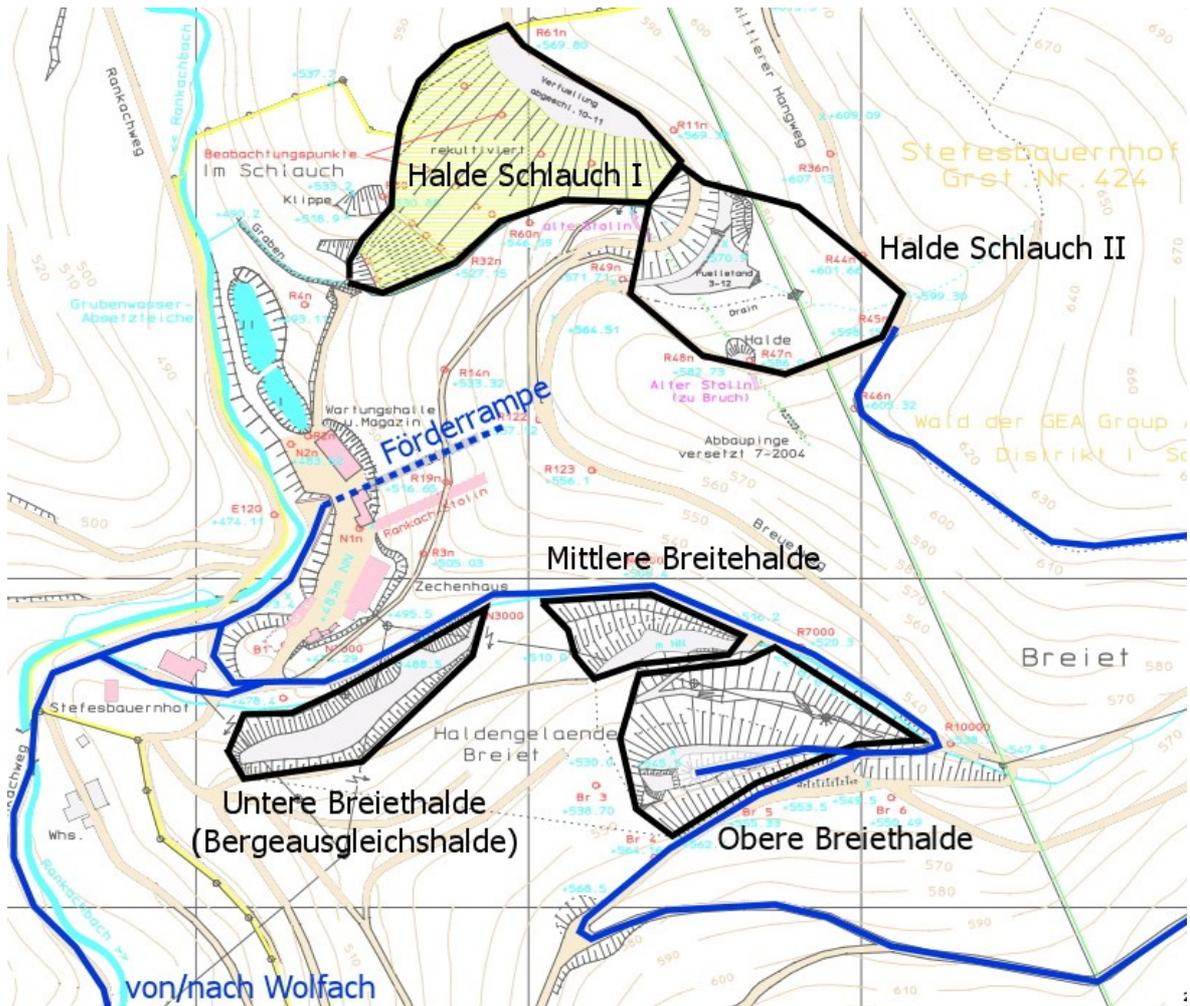


Abbildung 13: Haldenflächen und Zufahrtswege im Rankachtal

3 Analyse des derzeitigen Fördersystems

Die Förderung des Roherzes erfolgt durchgängig mittels LKW von den untertägigen Erzrollen bis zur Aufbereitung in Wolfach. In die Gegenrichtung werden Aufbereitungsabgänge auf die Halde Schlauch II und als Versatz zurück in die Grube transportiert.

Die Roherzförderung sowie der Bergerücktransport der Grube Clara sind an die beiden Fremdunternehmer Müller & Fleig GmbH (M&F) sowie Günther Dieterle (GD) vergeben. Dabei wird der Großteil der Förderung durch die Firma Müller & Fleig durchgeführt. Bisher bestand eine klare Aufteilung zwischen den Firmen Müller & Fleig, zuständig für den Erztransport sowie den Rücktransport von Bergen in die Grube und der Firma Dieterle, zuständig für den Transport von Bergen zur Halde Schlauch II und den Haldenaufbau. Zur Vermeidung von Leerfahrten wurde beginnend mit Mai als Pilotprojekt für das Jahr 2013 der Rücktransport auf die Halde Schlauch II ebenfalls durch die Firma Müller & Fleig durchgeführt. Im Gegenzug führt die Firma Dieterle als Rückleistung zu den Bergetransporten auch Erztransporte durch. Diese Regelung betrifft nur die Sommermonate wenn Transporte auf die Halde Schlauch II durchgeführt werden und soll in den nächsten Jahren beibehalten werden.

Abbildung 14 zeigt die Materialströme im Zusammenhang mit der Förderung von Roherz und Aufbereitungsabgängen, beginnend mit allen im Untersuchungszeitraum Januar bis Juli 2013 in Betrieb stehenden Teilsohlen (TS), den jeweils vorkommenden Erzsorten, den zur Verfügung stehenden Erzrollen und der Zuordnung zu den verschiedenen Ladestellen (LS). Der sortenreine LKW-Transport führt nach Wiegung auf die Roherzhalden der Aufbereitung. Auch die Aufbereitungsabgänge werden getrennt zwischengelagert und nach Wiegung mittels LKW abtransportiert.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die grubeninternen Bergetransporte aus den Streckenvortrieben zu den Bergekippstellen in dieser Grafik nicht dargestellt.

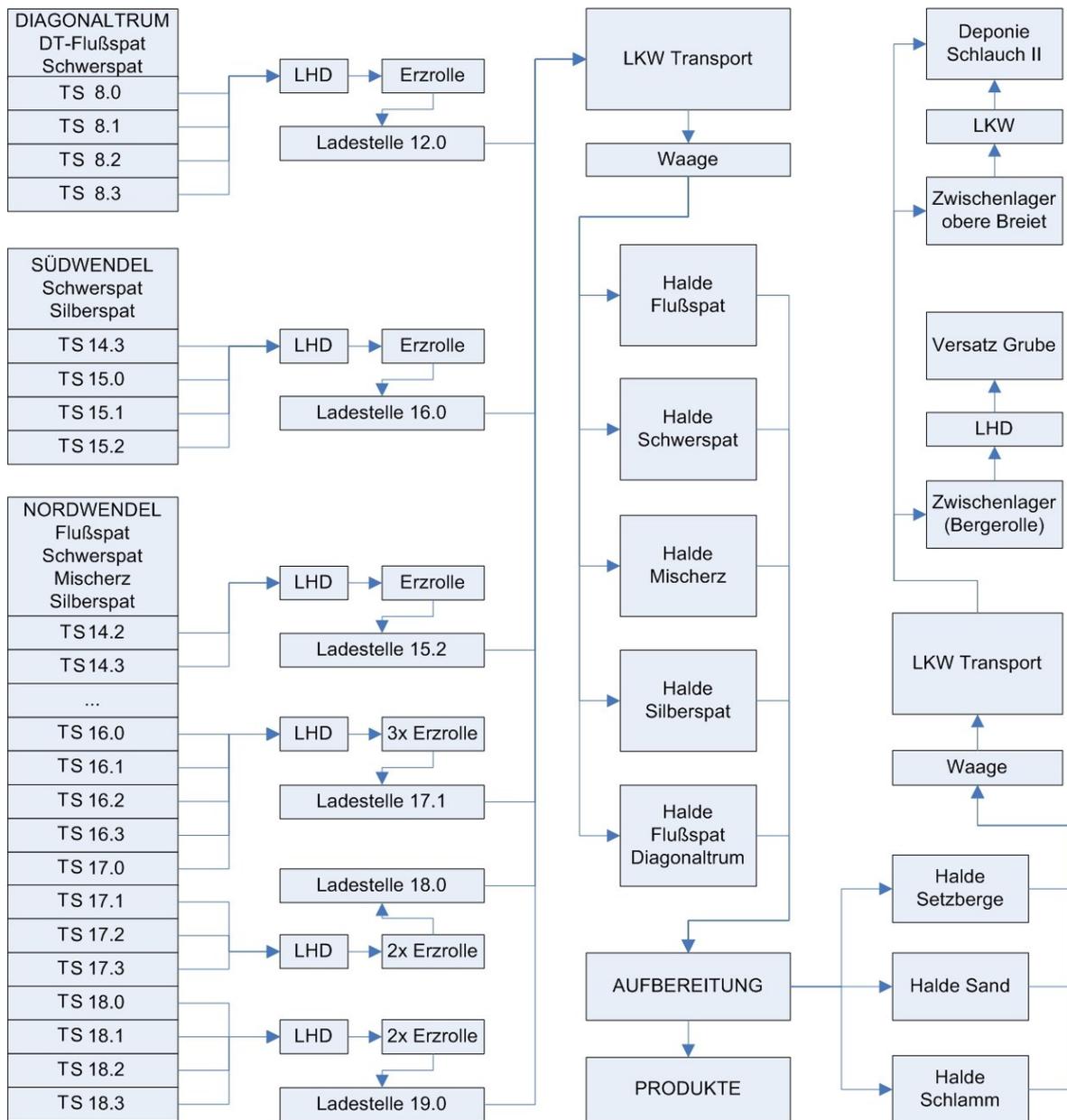


Abbildung 14: Materialflussschema Roherz (beginnend bei den Teilsohlen in den drei Gängen bis zu den Roherzhalden in Wolfach) und Aufbereitungsabgänge (vom Aufbereitungsgelände in Wolfach auf die Halde Schlauch II oder als Versatz in die Grube)

3.1 Betriebliche Datenerfassung

Für die Abbauplanung sowie die Festlegung von Vorräten und Reserven führt der Betrieb für die einzelnen Gänge ein Lagerstättenmodell. Diese werden in Blöcke unterteilt und mit Parametern wie Gehalt und Mächtigkeit versehen. Das Lagerstättenmodell wird durch die geologischen Erkenntnisse aus den Streckenvortrieben der Teilsohlen laufend aktualisiert. Sobald ein Abbau ausgeerzt ist, werden die ausgewiesenen Vorräte um die entsprechenden Blöcke reduziert.

Durch die Laderfahrer erfolgt die Zählung der LHD-Schaufeln, welche aus den Abbauen und Streckenvortrieben gefördert werden. Diese Zahlen werden dem Steiger zu Schichtende berichtet, getrennt nach Teilsohle und Erzsorte erfasst und archiviert. Weder erfolgt eine Umrechnung der gezählten Schaufeln in die entsprechende Tonnage noch die weitere Nutzung der Daten für eine Massenbilanz. Die anfallenden Bergemengen werden in dieser Aufzeichnung nicht erfasst.

Die mittels LKW transportierten Massen werden durch die Fahrer der Fremdunternehmen erfasst. Die Roherzfuhren nach Wolfach werden bei Ankunft an der Aufbereitungsanlage gewogen und stellen somit die einzige exakte Erfassung der Fördermenge dar. Für jede LKW-Ladung sind am Wiegeprotokoll LKW-Nummer, Masse, Erzsorte und Ladestelle ausgewiesen. Für die grubeninternen Bergetransporte besteht keine Wiegemöglichkeit. Es werden nur die Anzahl der Fuhren, Start und Ziel der Transportstrecke erfasst und mit einer pauschalen Lademenge von 25 t bewertet.

3.2 Fördermengen

Die Analyse der Fördermengen erfolgt auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten für das erste Halbjahr 2013 (Januar bis Juni) und der Jahresförderung 2013. Sind keine Daten für die Jahresförderung vorhanden wird eine Hochrechnung auf Grundlage der Halbjahreswerte durchgeführt. Die detaillierte monatsweise Aufstellung der erfassten Daten für das erste Halbjahr 2013 ist im Anhang in Tabelle 38 und Tabelle 39 zu finden.

Exakte Wiegedaten liegen nur für die Roherztransporte zur Aufbereitung und die Rücktransporte ab der Aufbereitung vor. Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, wird die Abbaumenge durch Zählung der geförderten LHD-Schaufeln (Inhalt 1,75 m³) erfasst. Anhand der Anzahl Schaufeln und der gewogenen Masse im gesamten Beobachtungszeitraum wurde für jede Erzsorte die durchschnittliche Masse einer Schaufelfüllung in t sowie näherungsweise die Schüttdichte berechnet (Tabelle 3). Anhand dieser Parameter wurde die monatliche Roherzförderung im Bergbau ermittelt und mit den Anlieferungen zur Aufbereitung verglichen. Wie in Abbildung 15 ersichtlich, stimmen die Kurven annähernd überein, speziell für Schwer- und Flussspaterz. Ungenauigkeitsfaktoren ergeben sich durch schwankende Erzdichte, Schaufelfüllmenge und Verweildauer in den Erzrollen.

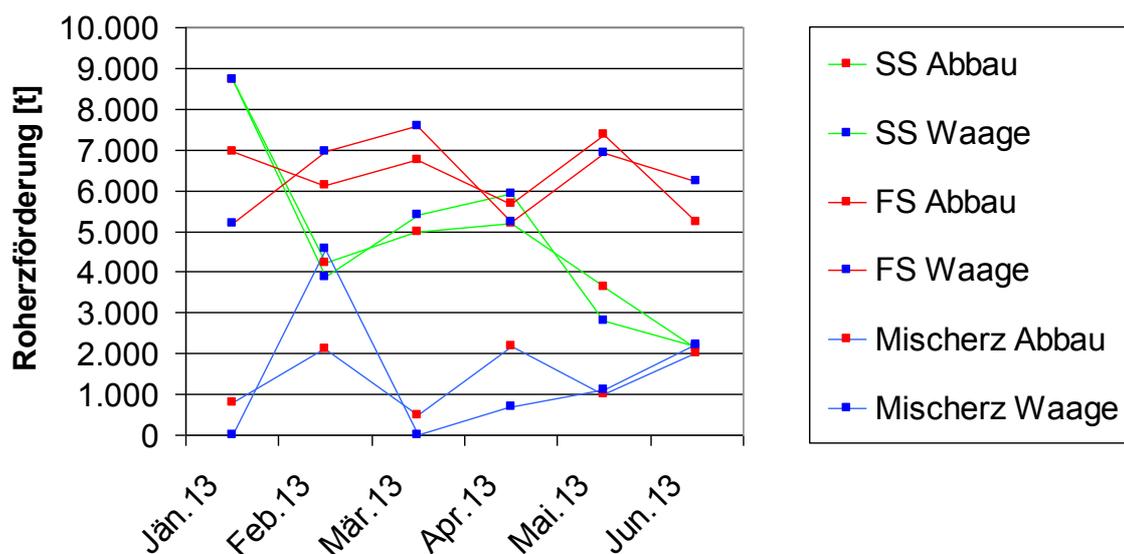


Abbildung 15: Vergleich der durch Schaufelzählung im Abbau errechneten und der an der Waage erfassten Roherzmenge pro Monat

Für das Jahr 2013 ergibt sich die Roherzförderung von ca. 140.000 t bei gleichzeitigem Rücktransport von ca. 80.000 t. Weitere etwa 75.000 t Vortriebsberge wurden über kürzere Strecken innerhalb der Grube und des Bergbaugeländes transportiert. Dabei zeigt sich, dass die Roherzförderung im ersten Halbjahr etwa der halben Jahresförderung entspricht. Durch den saisonalen Betrieb der Halde Schlauch II in den Monaten April bis November erfolgt ein Großteil der Rücktransporte im zweiten Halbjahr. Für die Rücktransporte kann daher keine Hochrechnung auf Basis des ersten Halbjahres durchgeführt werden.

	Januar - Juni 2013				2013
	Abbau Schaufeln	Schaufel - füllung	Schüttdichte	Roherz- förderung	Roherz- förderung
	[á 1,75 m³]	[t]	[t/m³]	[t]	[t]
SS-Erz	8.149	3,55	2,03	28.904	55.700
FS-Erz	11.988	3,18	1,82	38.086	85.600
Misch-Erz	3.222	2,66	1,52	8.564	
Summe Erz	23.359	3,23	1,85	75.554	140.300
davon TS 15.2 oder tiefer	20.258	3,27	1,87	66.261	

Tabelle 3: Roherzförderung im Jahr 2013 und Berechnung der mittleren Schaufelfüllmenge bei Förderung aus den Abbauen

Die Rücktransporte von Aufbereitungsabgängen sind in Tabelle 4 dargestellt und erfolgen großteils (ca. 50.000 t) direkt von der Aufbereitung (AB) auf die Halde Schlauch II. Der Rest wird entweder als Versatzmaterial in die Grube verbracht oder auf der oberen bzw mittleren Breiethalde zwischengelagert. Aufgrund der beschränkten Haldenkapazität muss dieses Material im Anschluss als interner Transport auf die Halde Schlauch II weitertransportiert werden.

	Jan. - Jun. 2013	2013
	[t]	[t]
Schlauch II (GD)	9.577	19.738
Schlauch II (M&F)	7.876	30.141
TS11.0/12.0/13.0/14.2/u.+o.Halde (M&F)	13.617	30.838
Summe Rücktransport	31.069	80.717

Tabelle 4: Rücktransporte von Aufbereitungsabgängen im Jahr 2013 unterteilt nach Untersuchungszeitraum (Januar bis Juni) und Gesamtmenge

Die Summe der internen Transporte beläuft sich laut Hochrechnung auf ca. 93.000 t. Diese gliedern sich in den Transport von Vorrichtungsbergen als Versatzmaterial in weiter oben liegende Abbaue (ca. 25.000 t) und in den Transport auf die Bergeausgleichshalde (untere Breiethalde, ca. 53.000 t). Etwa 15% (ca. 14.000 t) der intern transportierten Menge entfallen auf die Förderung der zwischengelagerten Aufbereitungsabgänge von der oberen bzw. mittleren Breiethalde auf die Halde Schlauch II. Die Bergeförderung von den Explorationsarbeiten am 5. Stollen auf die Halde Schlauch II wurde nicht in die Tabelle aufgenommen.

Von	Nach	Jan. - Jun. 2013	Hochrechnung 2013
		[t]	[t]
TS 18.1-18.3	TS 17.1	6.125	12.250
TS 18.1-18.3	TS 15.2	4.550	9.100
TS 18.1-18.3	TS 14.2	375	750
TS 18.1-18.3	TS 13.0	575	1.150
TS 18.1-18.3	untere Halde	26.725	53.450
TS 18.0	TS 15.2	700	1.400
untere + obere Halde	Schlauch II (GD)	7.224	14.448
Summe interne Transporte		46.274	92.548

Tabelle 5: Interne Transporte im Jahr 2013 unterteilt nach Untersuchungszeitraum (Januar bis Juni) und Hochrechnung auf Gesamtmenge

3.3 Rahmenbedingungen

Für die Durchführung der LKW-Transporte bestehen zeitliche Einschränkungen auf betrieblicher Seite durch Pausen- und Sprengzeiten sowie auf gesetzlicher Seite durch die vorgeschriebenen Lenk- und Ruhezeiten. Weiters müssen die Fahrzeuge für den Verkehr auf öffentlichen Straße zugelassen sein.

3.3.1 Schicht-, Pausen-, und Sprengzeiten

Der Grubenbetrieb läuft regulär an fünf Tagen pro Woche in zwei Schichten. Bei Bedarf sind auch Nachtschichten möglich. Die Transportschichten passen sich an den Grubenbetrieb an.

Während der Sprengzeiten ist das Befahren der Grube verboten. Zum Schutz der LKW-Fahrer vor Sprengschwaden sind an den Stollenmundlöchern Ampeln installiert. Zu den Sprengzeiten zeigen die Ampeln rot. Etwa zehn Minuten vor den Sprengzeiten bis etwa 30 Minuten danach sind die Ampeln automatisch auf gelb blinkend eingestellt. In diesem Fall ist die Einfahrt in die Grube erst nach Freigabe durch die Schichtaufsicht erlaubt. In Tabelle 6 sind die Sprengzeiten aufgelistet. Die Pausenzeiten in der Grube überschneiden sich mit den Sprengzeiten.

Frühschicht	9:20 bis 9:35 Uhr	13:25 bis 13:42 Uhr
Mittagschicht	17:35 bis 17:50 Uhr	21:45 bis 22:00 Uhr
Nachtschicht	1:20 bis 1:35 Uhr	5:25 bis 5:42 Uhr

Tabelle 6: Spreng- und Pausenzeiten Grube Clara

Die Beladung der LKW mit Bergen für den Rücktransport in Wolfach erfolgt durch einen Mitarbeiter der Aufbereitung und ist daher nur während der Früh- und Mittagsschicht möglich. Einschränkungen gibt es jeweils zu Beginn und Ende der Schicht sowie zu den Pausenzeiten von 09:00 bis 09:30 und von 17:00 bis 17:30.

3.3.2 Lenkzeiten

Die Lenk- und Ruhezeiten sind durch die Verordnung (EG) Nr. 561/2006, Artikel 6 bis 9 festgelegt und einzuhalten.

Tägliche Lenkzeit	9 h, zwei Mal in der Woche 10 h
Wöchentliche Lenkzeit	56 h, innerhalb von zwei aufeinander folgenden Wochen 90 h. Die Wochenarbeitszeit nach dem Arbeitszeitgesetz darf nicht überschritten werden.
Lenkdauer	4,5 h zwischen zwei Ruhezeiten bzw. Fahrtunterbrechungen
Fahrtunterbrechung	45 min oder in zwei Blöcken von (in dieser Reihenfolge) 15 min und 30 min
Tägliche Ruhezeit	11 h oder in zwei Blöcken von (in dieser Reihenfolge) 3 h und 9 h
Reduzierte tägliche Ruhezeit	Drei Mal in der Woche weniger als 11 h, aber mehr als 9 h
Wöchentliche Ruhezeit	Mindestens 45 h
Reduzierte wöchentliche Ruhezeit	Mindestens 24 h, wobei die fehlenden 21 h bis zum Ende der dritten auf diese Woche folgenden Woche nachgeholt werden müssen

Tabelle 7: Lenk- und Ruhezeiten [3]

3.3.3 Zulässiges Gesamtgewicht

Das zulässige Gesamtgewicht für LKW auf dem öffentlichen Straßennetz wird im §34 der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) festgelegt.

Für die derzeit eingesetzten 4-achsigen LKW bedeutet das laut Absatz 5, Nummer 3 eine Beschränkung auf 32 t. Dieses zulässige Gesamtgewicht gilt laut Absatz 5, Nummer 4 auch für den möglichen Einsatz von 5-achsigen Fahrzeugen. Für Fahrzeugkombinationen mit mehr als vier Achsen gilt laut Absatz 5, Nummer 5 ein zulässiges Gesamtgewicht von 40 t. Das betrifft die derzeit im geringen Umfang eingesetzte Kombination aus 3-achsigem LKW mit 2-achsigem Anhänger sowie Sattelzüge, wie sie derzeit nur für den Sandtransport zur Betonmischanlage im Einsatz sind. [4]

3.4 Organisation

Zu Beginn der Frühschicht erfolgt eine Information der LKW-Fahrer durch den schichthabenden Steiger welche Rollen gefüllt sind und welches Erz mit Priorität zu transportieren ist. Während der Schicht besteht laufende Kommunikation zwischen den LKW-Fahrern mittels Werksfunk oder CB-Funk. So informieren sich die Fahrer gegenseitig wenn eine Rolle leer oder verstopft ist. Bei Problemen, z.B. einer verstopften Rolle die freizusprennen ist, wird der Steiger kontaktiert und dieser organisiert die Behebung des Problems. Neue Informationen, die sich während der Schicht ergeben, werden vom Steiger einem Fahrer mitgeteilt und intern weitergeleitet. Besonders wichtig ist die Kommunikation mittels Funk wenn sich mehrere Fahrzeuge am Zufahrtsweg zur Halde befinden, da sich auf der Strecke nur wenige Ausweichstellen befinden.

Grundsätzlich obliegt die Tageseinteilung den LKW-Fahrern. Es wird versucht die gesetzlich vorgegebenen Ruhezeiten mit den Sprengzeiten in der Grube und der Pausenzeit in der Aufbereitung abzustimmen um unnötige Standzeiten zu vermeiden.

Die LKW werden üblicherweise einmal pro Schicht mittels Wasserschlauch auf TS 11.0 gereinigt (Zeitaufwand ca. 10 min) und in Wolfach betankt (Zeitaufwand ca. 5 min).

Wenn es zu Verzögerungen im Betriebsablauf kommt, haben die LKW-Fahrer in geringem Umfang Möglichkeiten um verlorene Zeit wieder aufzuholen:

- Rücktransport von Sand auf die obere Breiet-Halde anstatt TSM/Filterkuchen auf Schlauch II (Zeitersparnis ca. 8 min).
- Rücktransport von Bergen in die Grube anstatt auf eine Halde (nur bei Bedarf).
- Laden bei hoch gelegenen Rollen mit entsprechend kürzerer Fahrtstrecke (Zeitersparnis ca. 10 min auf TS 12.0 gegenüber TS 18.0).

3.5 Fahrzeuge

Alle im Einsatz befindlichen LKW besitzen die Zulassung für den öffentlichen Straßenverkehr. Weiters ist eine Zulassung für den Einsatz untertage sowie die Ausstattung mit Sauerstoffselbstretter und Feuerlöscher notwendig. Die Straßenverhältnisse in der Grube und zur Halde erfordern eine verstärkte Rahmenkonstruktion.

Der Fuhrunternehmer ist für die Stellung einer ausreichenden Anzahl von Fahrzeugen inklusive Fahrer verantwortlich. Täglich sind ca. fünf Fahrzeuge im Einsatz. Abseits der Transporte für die Grube Clara werden die Fahrzeuge auch auf Baustellen eingesetzt.

Der Großteil der Förderung erfolgt mit 4-Achs LKW der Marke Mercedes Benz ACTROS 4146 bzw. 4148 (Abbildung 16). Die Mulde der Firma Meiller-Kipper verfügt über automatische Ver-/Enriegelung der Bordwände und kann seitlich sowie nach Hinten gekippt werden. Bei einer zulässigen Gesamtmasse von 32 t können die Fahrzeuge eine Zuladung von 16 t im öffentlichen Straßennetz transportieren. Die technisch mögliche Zuladung liegt bei ca. 25 t und wird nur für grubeninterne Transporte ausgenutzt.

Weiters sind 3-Achs LKW der Marke Mercedes Benz ACTROS 3348 (Abbildung 17) mit einer Dreiseitenkippmulde der Firma Meiller-Kipper im Einsatz. In Kombination mit einem 2-Achs Dreiseitenkippanhänger der Firma Müller-Mitteltal ergibt sich ein 5-achsiger Hängerzug mit einer Zuladung von 20 t bei einem maximalen Gesamtgewicht von 40 t im öffentlichen Straßennetz. Aufgrund der Platzverhältnisse und der Zufahrtsstraße wird diese Kombination nicht für Transporte auf die Halde Schlauch II eingesetzt. Rücktransporte auf die Sandausgleichshalde im Breietal sind möglich. Für den Einsatz untertage ergibt sich die Schwierigkeit, dass das Reversieren mit Hänger bei Begegnungen und Ausweichmanövern in der Rampe meist nicht möglich ist.



Abbildung 16: Mercedes Benz ACTROS 4148



Abbildung 17: Mercedes Benz ACTROS 3348

3.6 Fahrzeiten in der Grube

Zur Erfassung der Fahrzeiten in der Grube wurde die LKW-Rampe in Sektoren unterteilt. Als Messpunkte zwischen den Sektoren wurden das Mundloch sowie die in Betrieb stehenden Ladepunkte auf TS 12.0, TS 14.0, TS 14.2, TS 15.2, TS 16.0, TS 17.1, TS 18.0, TS 18.2 sowie TS 19.0 gewählt. Die Erzrollen auf TS 12.0 sowie TS 16.0 befinden sich abseits der Hauptrampe. Für diese Ladestellen wurde die Abzweigung von der Hauptrampe als Messpunkt gewählt und die sölhliche Reststrecke bis zur Erzrolle als eigener Sektor betrachtet. Die Lage der Messpunkte ist im Plan der LKW-Rampe in Abbildung 46 bis Abbildung 48 im Anhang ersichtlich.

In Abbildung 18 sind die Weg-Zeit-Kurven der beobachteten LKW-Fahrten in der Grube dargestellt. Die durchgezogenen Linien stammen von sekundengenauen Messungen mittels Stoppuhr für mehrere Sektoren der Rampe. Für die unterbrochenen Linien wurde nur der Zeitpunkt der Ein- und Ausfahrt in die Grube sowie Ankunft und Abfahrt am Ladepunkt minutengenau anhand der Uhrzeit erfasst.

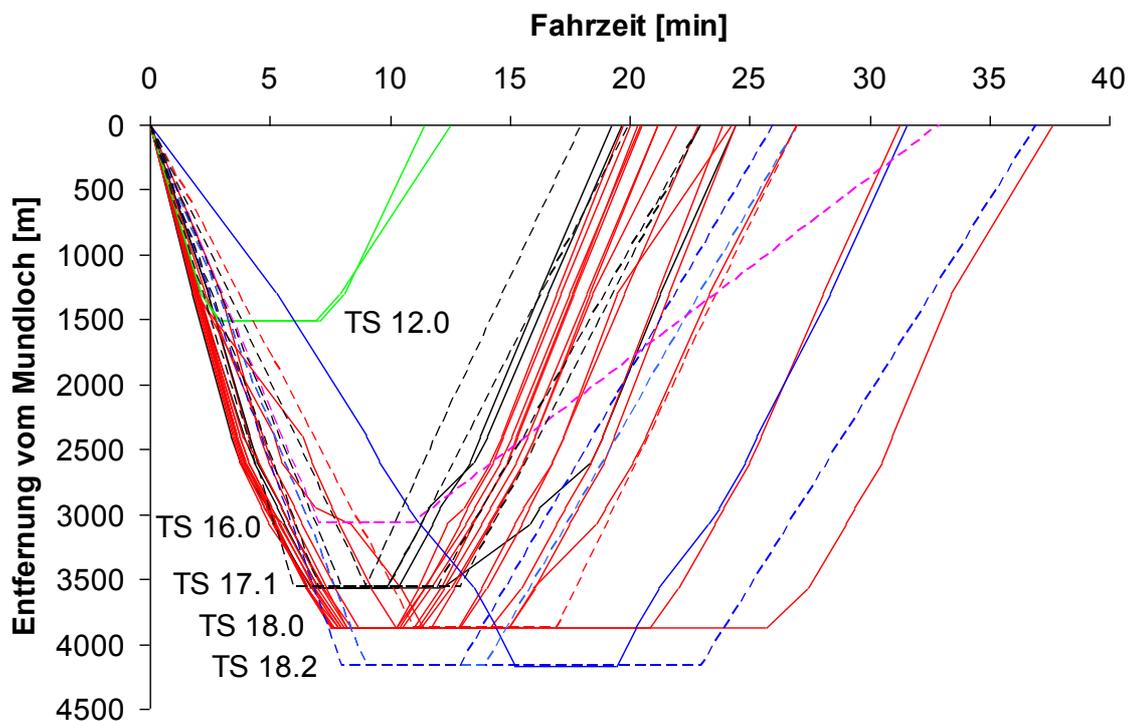


Abbildung 18: Weg-Zeit-Diagramm der Fahrten in der Grube

Anhand der abflachenden Steigung der durchgezogenen Kurven in Abbildung 18 in den tiefen Bereichen ist ersichtlich, dass die Geschwindigkeit der Fahrzeuge mit der Teufe abnimmt.

Ursachen dafür sind:

- Unebenheiten des Straßenbelags unterhalb von TS 14.2.
- Enge Radien im unteren Bereich im Gegensatz zu längeren geraden Abschnitten im oberen Bereich.
- Erhöhtes Verkehrsaufkommen im Bereich der Gewinnungstätigkeit und dadurch häufiger Gegenverkehr.

In den geraden Teilen der Rampe erreichen die aufwärts fahrenden, beladenen LKW eine mittlere Geschwindigkeit von etwa 25 km/h. Für die Leerfahrten abwärts kann in diesen Bereichen die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h in der Grube ausgenutzt werden. Bereits die unterhalb TS 14.2 erreichten Werte liegen deutlich darunter. Weiters ist erkennbar, dass die Dauer des Beladevorganges (siehe Kapitel 3.9) einen wesentlichen Einfluss auf den Zeitbedarf für eine Fahrt darstellt.

Die ermittelten Fahrzeiten innerhalb der Grube sind in Tabelle 8 dargestellt. Dabei wird unterschieden zwischen den Fahrzeiten für Leerfahrten vom Mundloch zur Ladestelle, Erztransporte von der Ladestelle zum Mundloch sowie die gesamte untertage verbrachte Zeit inklusive Beladevorgang.

	Mittelwert	StdAbw	Minimum	Maximum	Anzahl
	[min]	[min]	[min]	[min]	[-]
Leerfahrt abwärts					
TS 12.0	3,0	0,0	3	3	2
TS 16.0	7,0	0,0	7	7	1
TS 17.1	7,5	1,0	6	9	6
TS 18.0	8,6	1,3	7	11	17
TS 18.2	10,3	3,2	8	15	4

Erztransport aufwärts					
TS 12.0	3,0	0,0	3	3	2
TS 16.0	7,0	0,0	7	7	1
TS 17.1	7,5	1,0	6	9	6
TS 18.0	8,6	1,3	7	11	17
TS 18.2	10,3	3,2	8	15	4
Gesamtzeit untertage					
TS 12.0	12,5	0,7	12	13	2
TS 16.0	22,0	0,0	22	22	1
TS 17.1	20,7	2,0	18	23	6
TS 18.0	23,8	4,6	19	37	17
TS 18.2	30,5	5,1	26	37	4

Tabelle 8: Fahrzeiten in der Grube

3.7 Fahrzeiten zwischen Grube und Aufbereitung

Zur Ermittlung der Fahrzeiten zwischen Grube und Aufbereitung wurde für die Erztransporte die Zeit zwischen Ausfahrt aus dem Mundloch und Ankunft an der Waage gemessen. Für die Rücktransporte wurde die Zeit zwischen Abfahrt an der Waage und Ankunft bei der Schranke des Zechengeländes erfasst. Aus Tabelle 9 ist ersichtlich, dass es zwischen Erz- und Bergetransporten nur geringe Abweichungen gibt und die Strecke jeweils in ca. 20 min zurückgelegt wird. Die Zeit für das (Ab-)Laden am Aufbereitungsgelände umfasst das Wiegen des mit Erz beladenen LKW, Abkippen an der entsprechenden Halde, Beladung mit Bergen und Wiegen des mit Bergen beladenen LKW. Bei Ankunft während der Pausenzeit der Aufbereitung wird die vorgeschriebene 30 min Fahrtunterbrechung oftmals im Bereich der Aufbereitung gehalten. In diesem Fall

beträgt die tatsächliche Aufenthaltsdauer zwischen Ankunft und Abfahrt auf der Wage ca. 40 min, wurde jedoch für die Auswertung um die Pausenzeit bereinigt.

	Mittelwert	StdAbw	Minimum	Maximum	Anzahl
	[min]	[min]	[min]	[min]	[-]
Erztransport	20,6	0,9	19	22	24
(Ab-)Laden	12,5	2,8	7	21	25
Rücktransport	20,4	1,4	18	23	25

Tabelle 9: Fahrzeiten Grube-Aufbereitung

3.8 Fahrzeiten zu den Halden

Der Zeitbedarf für das Kippen der Berge im Bereich der Grube Clara wurde zwischen Ankunft beim Schranken und Einfahrt ins Mundloch auf Minuten genau erfasst. Es wurde unterschieden zwischen TSM-Transport auf die Halde Schlauch II, Sandtransport auf die obere Breiethalde sowie Rücktransport zur Kippstelle im Rankachstollen (9. Sohle). Rücktransporte von Bergen zu den Kippstellen entlang der LKW-Rampe wurden während dem Beobachtungszeitraum nicht durchgeführt.

	Mittelwert	StdAbw	Minimum	Maximum	Anzahl
	[min]	[min]	[min]	[min]	[-]
Breiet	7,6	1,3	6	9	8
Schlauch II	15,8	1,1	15	18	13
TS9.0	6,7	1,7	5	9	4

Tabelle 10: Fahrzeiten Halden

3.9 Beladung der LKW

Die Beladung der LKW aus den Erzrollen in der Grube erfolgt mittels pneumatisch klappbarer Rollenschnäbel, die vom LKW-Fahrer bedient werden. Das auf den tiefstliegenden Teilsohlen anfallende Hauwerk wird, solange die Erzrollen noch nicht vollständig installiert sind, mittels (Liebherr-)Radlader auf die LKW verladen. Diese Situation besteht zum Zeitpunkt der Datenerhebung auf der Teilsohle 18.2. Die Bedienung des Radladers erfolgt tagsüber durch die Grubenbelegschaft und in der Nachtschicht durch den LKW-Fahrer selbst. Die Lademenge wird aufgrund von Erfahrungswerten abgeschätzt. Erschwerend wirken dabei die schwankende spezifische Dichte der unterschiedlichen Erzsorten und die Reaktionszeit der Rollenschnäbel. Eine Wiegemöglichkeit besteht nur im Bereich der Aufbereitung, also erst nachdem die Fahrt auf öffentlichen Straßen absolviert wurde. In Tabelle 11 sind die erforderlichen Zeiten für die Beladung der LKW mit Roherz in der Grube zusammengefasst. Erfasst wurde der Zeitraum zwischen Eintreffen und Abfahrt an der Ladestelle und beinhaltet somit Wartezeiten, Wendemanöver, die eigentliche Ladetätigkeit sowie etwaiges Freimachen einer verstopften Erzrolle. Es ist erkennbar, dass für die Ladetätigkeit knappe fünf Minuten notwendig sind, allerdings bei Problemen mit der Erzrolle oder mehreren LKW zeitgleich an der Ladestelle auch die drei- bis vierfache Zeit benötigt wird. Mit durchschnittlich 7 min ist die Beladung mittels Radlader zeitaufwändiger mittels Rollenschnäbel.

	Mittelwert	StdAbw	Minimum	Maximum	Anzahl
	[min]	[min]	[min]	[min]	[-]
TS 12.0	4,0	0,0	4	4	2
TS 16.0	4,0	0,0	4	4	1
TS 17.1	3,3	0,8	3	5	6
TS 18.0	5,0	3,9	2	17	17
TS 18.2	7,0	4,7	4	14	4
TS 12.0-18.0	4,5	3,3	2	17	26
Allgemein	4,8	3,5	2	17	30

Tabelle 11: Zeiten LKW Beladung Roherz

Für die Beladung mit Aufbereitungsabgängen zum Rücktransport steht in Wolfach ein Radlader mit eingebauter Wiegeeinrichtung zur Verfügung, der von einem Mitarbeiter der Aufbereitung bedient wird. Die LKW werden vor Verlassen des Werksgeländes auf der Brückenwaage genau verwogen.

3.10 Betriebserschwernisse

Die im folgenden angeführten Szenarien stellen Betriebserschwernisse für die Förderung dar und führen zu Verzögerungen und Mehraufwand während des Ladens und des Transports.

3.10.1 Verstopfte Rolllöcher

Werden zu große Knäpper aus dem Abbau in die Rolllöcher gefördert, führt dies zum Verstopfen der Abzugsschurren. Die Verstopfungen müssen durch Anbohren und Sprengen durch einen Hauer entfernt werden. Die zum Freimachen eines Abzugspunktes notwendigen Werkzeuge sind im Nahbereich der Rollen vorhanden. Gegebenenfalls sind auch wiederholte Sprengungen notwendig. Während dieser Zeit kann keine Ladetätigkeit durchgeführt werden oder es muss auf einen anderen Ladepunkt ausgewichen werden. Abbildung 19 zeigt die verstopfte Rolle für Flussspaterz auf der 18. Sohle. Der sichtbare Knauer ist bereits angebohrt und mit der Sprengladung versehen. Im konkreten Fall waren zwei Sprengungen erforderlich bis der ungehinderte Materialfluss wieder gegeben war.



Abbildung 19: Verstopftes Rolloch mit angebrachter Sprengladung

3.10.2 Gegenverkehr

Die LKW-Rampe ist einspurig angelegt und dient neben der Förderung auch dem Mannschaftstransport, der Versorgung des Grubenbetriebs sowie der Überstellung von Bergbaugeräten. Dadurch kommt es, vor allem im tiefer liegenden Bereich nahe der Abbaufelder, zu erhöhtem Verkehrsaufkommen und Gegenverkehr. In unregelmäßigen Abständen angelegte Ausweichbuchten und Querschläge ermöglichen Kreuzungsmanöver. Grundsätzlich hat der LKW-Verkehr Vorrang gegenüber Mannschaftstransportern und Bergbaugeräten.

Die Versorgung der Spritzbetonanlage auf TS 17.1 verursacht zusätzlichen LKW-Verkehr in der Rampe. Etwa zweimal täglich erfolgt die Anlieferung von Sand bis zur Kippstelle auf TS 16.3. Dabei kommen 5-Achs-Sattelzüge des Sandlieferanten zum Einsatz. Diese können nicht bzw. nur erschwert anderen Fahrzeugen Ausweichen.

Weiters wird etwa dreimal wöchentlich Zement mit einem Silo-Hängerzug bestehend aus 3-Achs LKW und 2-Achs-Hänger angeliefert. Der Anhänger

verbleibt dabei über Tage, der Zement wird durch Umblasen in den 3-Achs LKW in 3 Fahrten zur Spritzbetonanlage auf TS 17.1 transportiert. Durch den hohen Siloaufbau ist Reversieren in der Rampe nur erschwert möglich.

3.11 Förderkosten

Da die gesamte Förderung an Drittunternehmer vergeben ist, fallen für die Firma Sachtleben Bergbau nur variable Kosten pro transportierter Tonne, entsprechend der vereinbarten Fuhrtarife, an. Die mengenmäßige Erfassung der Förderung erfolgt für die Erztransporte sowie für die Bergerückfuhren mittels Waage am Gelände der Aufbereitung. Es bestehen folgende Tarife:

- Erz Grube-Aufbereitung
- Erz Grube-Aufbereitung mit Ladepunkt tiefer als TS 15.2
- Bergetransport zur Halde als Rückleistung zu Erztransport
- Bergetransport zur Halde ohne gegenläufigen Erztransport

Die Schwankungen im Dieselpreis werden zu gleichen Teilen vom Fuhrunternehmer und dem Auftraggeber getragen. Als Berechnungsgrundlage dient der Basisdieselpreis vom März 2004 sowie der aktuelle Dieselpreis bei Abgabe an Großverbraucher, erfasst von Statistischen Bundesamt Wiesbaden.

Für die internen Bergetransporte innerhalb der Grube, sowie am Betriebsgelände zu den Halden besteht keine Wiegemöglichkeit. Die Frachttarife beziehen sich hier auf die Anzahl der transportierten LKW-Fuhren zu jeweils ca. 25 t. Grundlage für die Abrechnung ist ein detaillierter Katalog mit unterschiedlichen Kombinationen der in Betrieb stehenden Lade- und Entladestellen.

4 Fördersysteme

Der Fachbereich Fördertechnik bietet eine Vielzahl an Systemen zum Transport von Schüttgütern für unterschiedliche Anwendungsgebiete. Einschränkungen für den Einsatz zum Roherztransport ergeben sich durch erzielbare Förderleistung, Förderdistanz, maximale Korngröße, Beschaffenheit des Fördergutes und Robustheit der Anlagen. Anhand dieser Kriterien grundsätzlich geeignete Systeme werden in den folgenden Kapiteln technisch beschrieben, mögliche Einsatzgebiete für den Roherztransport der Grube Clara aufgezeigt und Vor- und Nachteile angeführt. Die ausgewählten Systeme sind in Tabelle 12 zusammengefasst und nach Betriebsart (stetig, unständig) sowie möglicher Förderneigung (flach <30 °, steil >60 °) gruppiert.

	Stetige Fördersysteme	Unstetige Fördersysteme
Horizontale und flache Förderung	Gummigurtförderer	LKW
	Schlauchgurtförderer	Fahrlader (LHD)
	Seilbahn	Gleisförderung
	RopeCon®	
Vertikale und steile Förderung	Taschengurtförderer	Skip
		Sturzschant

Tabelle 12: Systematik möglicher Roherz-Fördersysteme

4.1 Stetige Fördersysteme

Stetigförderer arbeiten mit einem kontinuierlichen Transportgutstrom bestehend aus Stück- und/oder Schüttgut und zeichnen sich durch geringen Energiebedarf, große Betriebssicherheit und einfache Bauweise aus. Die Anlagen können für kurze, mittlere und große Entfernungen sowie kleine und große Massenströme ausgelegt werden. Ein günstiges Totlastverhältnis und die Vermeidung von Totzeiten ermöglichen den rationellen Transport von Massengütern wie Erzen und Kohlen bei geringen Antriebsleistungen. Die Be- und Entladung erfolgt während des Betriebes und ist bei entsprechend vorgesehener Konstruktion auch entlang der Transportstrecke möglich. Stetigförderer sind einfach zu automatisieren und werden meist ohne Bedienpersonal betrieben. Die ortsfesten Anlagen erfordern viel Bodenfläche und bieten durch den festgelegten Transportweg geringe Flexibilität bei Änderungen der Transportaufgabe oder Erweiterung der Leistungsfähigkeit.

Als Anwendungsbereiche der stetigen Fördersysteme ergeben sich aufgrund der Vielfalt an Einsatzmöglichkeiten unter anderem An- und Abtransport sowie innerbetrieblicher Transport. [5]

4.1.1 Gummigurtförderer

Ein umlaufendes Band als Trag- und Zugmittel ist der Hauptbestandteil des Gummigurtförderers. Es wird über Reibschluss von einer oder mehreren Antriebstrommeln angetrieben. Die dafür erforderliche Vorspannung, welche durch eine Spannvorrichtung gewährleistet wird, verhindert ein Durchhängen des Bandes zwischen den Tragrollen. Der Fördergurt besteht aus Gummi mit zugfesten Einlagen aus Textil- oder Stahlseilen. Zur Beschickung des Gurtes ist eine Aufgabevorrichtung notwendig. Zum Schutz des Gurtes werden üblicherweise Gleitplatten oder eine Anzahl an kurz hintereinander installierten Tragrollen unter dem Gurt an der Aufgabestelle angeordnet. Der beladene Gurt wird über Tragrollen auf einem Traggerüst geführt. Am Ende des Bandes wird das

Material abgeworfen und das Transportband mittels Abstreifer von Anbackungen gereinigt. Über die Umlenktrummel wird der Gurt wieder zur Aufgabestelle zurückgeführt. [5][6]

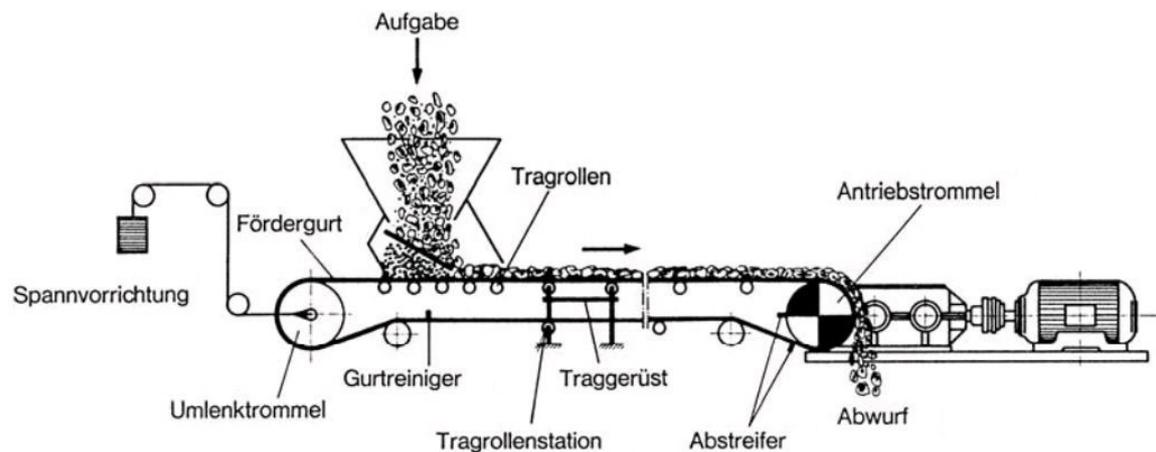


Abbildung 20: Grundaufbau eines Gummigurtförderers [5]

Um ein Rutschen des Transportgutes auf dem Gurt zu verhindern sind mit einem herkömmlichen Gurt maximal Steigungen bis 20° möglich. Sonderkonstruktionen mit aufvulkanisierten Profilen erlauben Steigungen bis 40° . Die maximale Aufgabekorngröße soll ein Drittel der Gurtbreite nicht überschreiten. Es sind Massenströme bis 20.000 t/h realisierbar, die Gurtgeschwindigkeit beträgt bis zu 6 m/s. Die Förderdistanz eines Bandes ist abhängig von der Zugfestigkeit des Gurtes, als Richtwert gelten 15 km maximale Förderdistanz eines Bandes. Einhausungen entlang der Förderstrecke reduzieren Emissionen und schützen das Fördergut vor Witterungseinflüssen. [5] [6]

Vorteile	Nachteile
Lange Förderdistanz möglich	Sichtbarkeit (Landschaftsbild)
Hohe Fördermengen und -geschwindigkeiten möglich	Fixe Übergabepunkte
Gutschonender Transport	Geringe Flexibilität
Geringe Wartungs- und Betriebskosten	Schlechte Kurvengängigkeit
Einbau von Bandwaagen	Beschränkte Korngröße
	Geringe Steigung

Tabelle 13: Vorteile/Nachteile Gummigurtförderer [5]

Gummigurtförderer eignen sich für einen übertägigen Transport des Erzes zwischen einer Übergabestelle und dem Gelände der Aufbereitung sowie für einen Abtransport aus den Strecken bei geeigneter Streckengeometrie hinsichtlich Steigung und Geradlinigkeit. Sonderkonstruktionen erlauben unter anderem den Materialtransport der Aufbereitungsabgänge am rücklaufenden Gurt.

4.1.2 Schlauchgurtförderer

Schlauchgurtförderer stellen eine Sonderbauart der Gurtförderer dar und bestehen aus einem Stahlseil- oder Textilgurt, welcher nach Aufgabe des Gutes zu einem Rohr gerollt wird. Trag- und Führungsstationen müssen aufgrund der eingerollten Betriebsweise in kurzen Abständen vorhanden sein. Durch die größere Reibfläche zwischen Gut und Gurt kann eine Steigfähigkeit bis zu 30 ° erreicht werden. [7] [8]

Schlauchgurtförderer ermöglichen horizontale und vertikale Kurvenradien bis zu 45 m, was eine an das Gelände angepasste Trassierung und die Reduzierung von Schüttgutübergabestellen ermöglicht. Abbildung 21 zeigt das Beispiel eines, der Topografie angepassten, Trassenverlaufs eines Schlauchgurtförderers sowie die Detailansicht einer Trag- und Führungsstation. Durch die Abkapselung des

Förderguts ergeben sich beim Transport keine Wechselwirkungen zwischen Fördergut und Umwelt. [7] [8]



Abbildung 21: Trassenführung, Trag- und Führungsstation eines Schlauchgurtt Förderers [8]

Mit diesem stetigen Fördersystem sind Bandlängen bis zu 15.000 m möglich, abhängig von der Zugfestigkeit des Fördergurtes. Dadurch können lange Systeme ohne Übergabestationen realisiert werden. Die erreichbare Förderleistung beträgt 100 bis 4000 t/h. [7] [8]

Durch die gekapselte Bauart werden Staubemissionen und Verschmutzungen der Umwelt verhindert. Der Energieverbrauch des Förderers kann aufgrund der geringen Totmasse niedrig gehalten werden. Ein weiterer Vorteil sind die geringen Lärmemissionen. Mehrere Aufgabepunkte entlang der Förderstrecke sind technisch möglich. [7] [8]

Der rücklaufende Gurt wird ebenfalls eingerollt geführt und kann zum Materialtransport genutzt werden (siehe Abbildung 22).

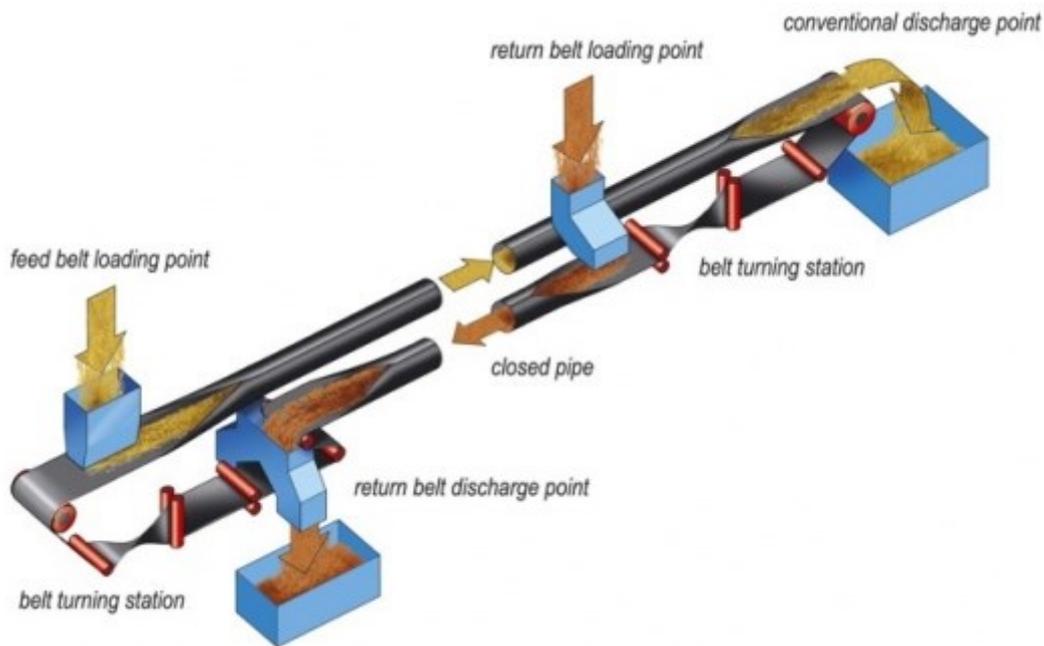


Abbildung 22: Schlauchgurtförderer mit bidirektionalem Materialtransport [8]

Vorteile	Nachteile
Lange Förderdistanz möglich	Sichtbarkeit (Landschaftsbild)
Geringe Betriebskosten	Hohe Investitionskosten
Steigungen bis 30° möglich	Erhöhte Anzahl Trag- und Führungsrollen
Kurvengängigkeit	Weiteres Fördermittel zum Aufgabepunkt notwendig
Geringe Emissionen (Staub, Lärm)	
Automatisierbarkeit	

Tabelle 14: Vorteile/Nachteile Schlauchgurtförderer

Im konkreten Anwendungsfall könnte ein Schlauchgurtförderer zwischen einem überirdigen Übergabepunkt und der Aufbereitung zum Einsatz kommen. Bei dieser Variante muss das zu transportierende Hauwerk durch ein anderes Fördermittel bis nach über Tage gebracht werden.

Eine andere Anwendungsmöglichkeit des Schlauchgurtförderers ergibt sich durch den Bau eines Unterfahrungsstollens. Hierbei kann aus den Abbaubereichen bis

zur Aufbereitung der Schlauchgurtförderer eingesetzt werden. Jedoch müssen weiterhin alle Materialströme zu einem Aufgabepunkt an der Bandtrasse geführt werden.

4.1.3 Seilbahn

Eine Seilbahnanlage besteht aus einer Be- und Entladestation sowie einer auf Stützen geführten Förderstrecke, welche aus gespannten Seilen besteht. Die Stützen müssen das gesamte zu transportierende Gewicht aufnehmen können.

Der Materialtransport erfolgt in, an den Seilen hängenden, Gefäßen. Zur Be- und Entladung können die Fahrbetriebsmittel in den Stationen ausgekuppelt werden. Dadurch ergibt sich eine hohe Fördergeschwindigkeit entlang der Strecke und eine langsame Stationsdurchfahrt.

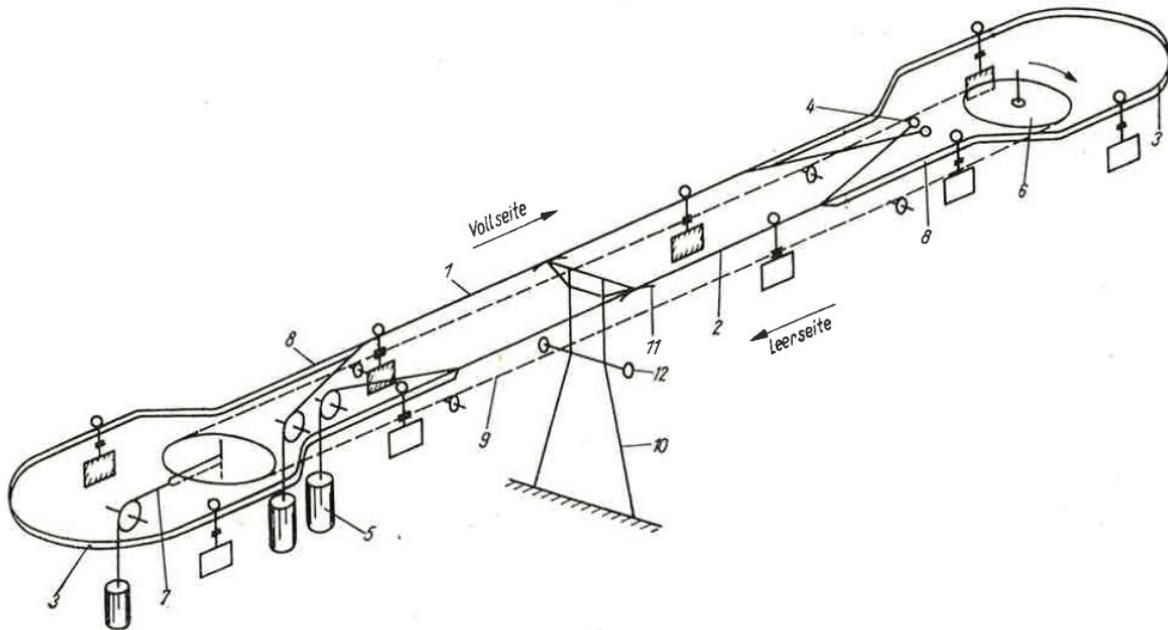
Der elektrische Antrieb erfolgt über eine Umlenkscheibe in einer der Stationen. Die notwendige Anzahl der Seile ergibt sich aus der Bauart der Seilbahn:

- Einseilbahn: Trag- und Zugelement sind in einem umlaufenden Förderseil vereint. Die Fördergefäße sind an dieses Seil geklemmt und können bei kuppelbaren Anlagen in den Stationen ausgekuppelt werden.
- Zweiseilbahn: Die Fördergefäße rollen auf Laufwerken über feststehende, als Tragelement dienende, gespannte Trageile. Der Antrieb der Fahrbetriebsmittel erfolgt über ein parallelgeführtes umlaufendes Zugseil (siehe Abbildung 23).

Diese beiden Bauarten können im Pendel- oder Umlaufbetrieb betrieben werden.
[6]

Durch die große Stützweite ist der Eingriff in die Natur durch die Trassenführung gering und es können Hindernisse überspannt werden. Die Stützweite ist abhängig von Topografie und Seildurchhang. Durch den Bau von Kurvenstationen können horizontal geknickte Förderstrecken realisiert werden.

Materialseilbahnen werden vorwiegend für den Schüttguttransport verwendet und können Entfernungen bis zu 20 km überbrücken. Eine mittlere Fördermenge von 300 t/h ist realisierbar. [9]



1 Tragseil der Vollseite; 2 Tragseil der Leerseite; 3 Hängeschienenschleifen; 4 Tragseilverankerung; 5 Tragseilspanneinrichtung; 6 Antrieb; 7 Zugseilspanneinrichtung; 8 Kuppelstelle; 9 Zugseil; 10 Stütze; 11 Tragseilschuhe; 12 Tragrollen für das Zugseil

Abbildung 23: Schema einer Zweiseilumlaufbahn [9]

Vorteile	Nachteile
Geringe Betriebs- und Wartungskosten	Hohe Investitionskosten
Kürzeste Verbindung zwischen zwei Punkten	Zwischen End- bzw Umlenkstationen nur Direktlinie möglich
Niedriger Raumbedarf	Beschränkter Durchsatz
Geringe Emissionen	Windanfällig
Geringer Eingriff in die Natur	Sichtbarkeit
Geringer Personaleinsatz	
Hoher Neigungswinkel möglich	
Automatisierbarkeit	

Tabelle 15: Vorteile/Nachteile Materialseilbahn [9]

Eine Materialeilbahn wurde auf Grube Clara bereits von 1907 bis 1967 für den Transport vom vierten Stollen ins Wolftal mit einer Förderleistung von 100 t pro Tag eingesetzt. Der Weitertransport nach Wolfach erfolgte auf der Straße. Die Seilbahn wurde mit Inbetriebnahme der Tagesanlagen im Rankachtal aufgelassen. [2]



Abbildung 24: Stütze und Talstation der ehemaligen Seilbahn der Grube Clara [2]

Der Einsatz einer modernen Materialeilbahn könnte zwischen einer Umladestation übertage und dem Gelände der Aufbereitung in Wolfach erfolgen. Der Rücktransport von Aufbereitungsabgängen ist bei entsprechender Konstruktion möglich.

4.1.4 RopeCon®

Das RopeCon® System der Firma Doppelmayr kombiniert die Elemente einer Seilbahn mit denen eines Gurtförderers. Dabei wird das Material auf einem Flachgurt mit seitlichen Wellkanten transportiert. Dieser dient zugleich als Zugelement und wird an den Endpunkten über eine Trommel angetrieben und umgelenkt. In regelmäßigen Abständen sind Tragachsen mit seitlichen Laufrädern am Gurt montiert. Diese führen den Gurt auf jeweils zwei fix abgespannten Tragseilen. Die Tragseile werden mittels Stützen vom Boden abgehoben und untereinander durch regelmäßig angebrachte Rahmen in Position gehalten.

Abbildung 25 zeigt eine überdachte Anlage im Querschnitt. Der rücklaufende Gurt im Untertrum wird an den Endpunkten gewendet um eine Verschmutzung der Umgebung durch herab fallendes Material zu verhindern. Die Wartung kann in den Stationen durchgeführt werden, da sämtliche bewegliche Teile immer wieder durch die Station fahren. Mittels Inspektionsfahrzeug, welches sich auf den beiden obersten Seilen fortbewegt, erfolgt die Kontrolle der Strecke. Bei Transporten mit negativer Höhendifferenz kann die potentielle Energie des Fördergutes mittels generativer Bremsen als elektrische Energie genutzt werden.[10]

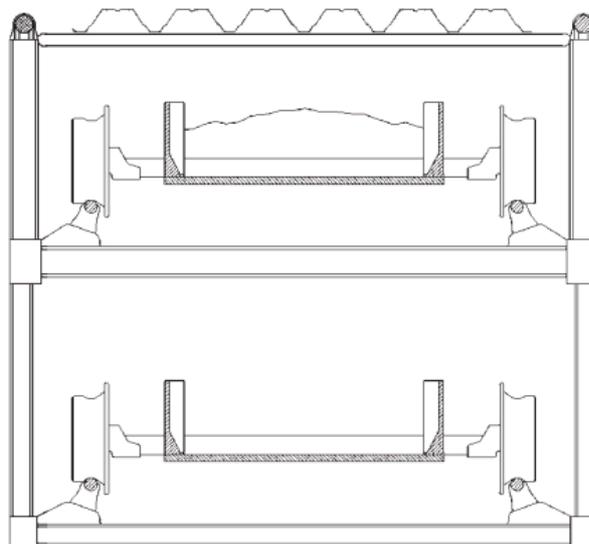


Abbildung 25: Querschnitt RopeCon® [10]

Die theoretischen technischen Möglichkeiten erlauben Förderleistungen von bis zu 25.000 t/h und Anlagenlängen pro Sektion von 30 km. Zwischen zwei Stützen ist eine Spannfeldlänge von ca. 1 km möglich. Die längsten, bereits in Betrieb stehenden, Anlagen zum Gesteintransport im Sudan (Berber Cement, Kalkstein, 3.465 m, 7000 t/h, siehe Abbildung 26), auf Jamaika (Mt. Olyphant, Bauxit, 3.377 m, 1200 t/h) und in Papua-Neuguinea (Simberi, Golderz, 2.665 m, 450 t/h) liegen noch weit unter den vom Hersteller angegebenen technischen Leistungsgrenzen. [11]



Abbildung 26: RopeCon® Berber Cement Sudan [12]

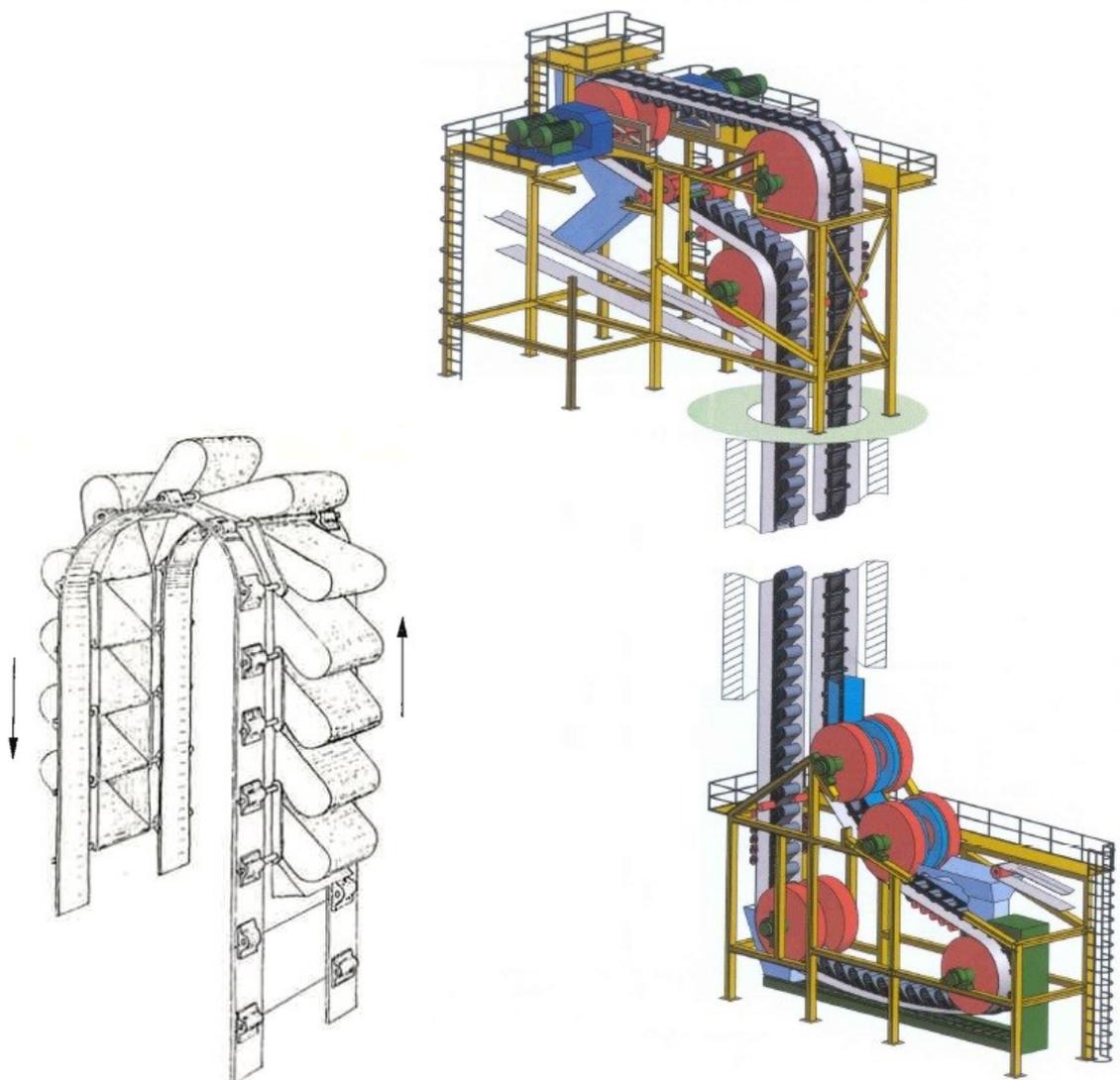
Vorteile	Nachteile
lange Förderdistanz	geradlinige Linienführung
geringe Emissionen (Staub, Lärm)	Sichtbarkeit (Landschaftsbild)
geringe Betriebskosten	hohe Investitionskosten
Überwinden von Hindernissen	

Tabelle 16: Vorteile/Nachteile RopeCon®

Ein möglicher Einsatz für den Roherztransport der Grube Clara ergibt sich für den Transport von einer übertägigen Übergabestelle zur Aufbereitung. Der rücklaufende Gurt kann zum Transport von Aufbereitungsabgängen genutzt werden.

4.1.5 Taschengurförderer

Taschengurförderer stellen eine Variante des Becherwerks für hohe vertikale Hubhöhen dar und dienen dem Schüttguttransport in einem beliebigen Winkel bis zu 90° . Die Zugkräfte werden über zwei parallele Stahlseilgurte übertragen. Dazwischen angeordnete ununterbrochene, nach innen oder außen offene Gummitaschen nehmen das Fördergut auf. Die Beschickung der Fördertaschen erfolgt auf einem flach geneigten Bandabschnitt von oben, die Entleerung erfolgt durch Schwerkraft an der oberen Endumführung. [13]



**Abbildung 27: Taschengurt mit innenliegenden Öffnungen (links)[13]
Taschengurförderanlage mit außenliegenden Öffnungen (rechts) [14]**

Technisch möglich sind Hubhöhen von 500 m und Förderleistungen bis zu 4000 m³/h. Die Fördergeschwindigkeit beträgt dabei bis zu 4 m/s. Bereits realisierte Anlagen erreichen eine Hubhöhe von 276 m bei einer Förderleistung von bis zu 2000 t/h (Pattiki II Mine, USA). [14]

Vorteile	Nachteile
Hohe vertikale Förderdistanz	Festgelegter Förderweg
Geringe Betriebskosten	Hoher Verschleiß
Vergleichsweise geringe Investitionskosten	
Geringer Platzbedarf	
Kontinuierlicher Förderstrom	

Tabelle 17: Vorteile/Nachteile Taschengurtförderer [13]

In der Grube Clare könnte ein Taschengurtförderer als Schachtförderung von untertage bis zu einer Übergabestelle an ein nachgeschaltetes Fördersystem übertage zum Einsatz kommen. Hierzu könnte für eine Teilförderstrecke der bereits vorhandene Blindschacht 2 genutzt werden, die anderen vertikalen Förderstrecken müssten erst durch neu zu errichtende Schächte geschaffen werden.

Das auf unterschiedlichen Teilsohlen anfallende Material muss entweder zu einem gemeinsamen Aufgabepunkt im Grubentiefsten gestürzt werden oder auf den jeweiligen Sohlen durch Zwischenbeladestellen auf das Fördermittel aufgegeben werden.

4.2 Unstetige Fördersysteme

Unstetigförderer sind Transportmittel für Schütt- oder Stückgut, die dieses diskontinuierlich zwischen einer Aufgabe- und Abgabestelle transportieren. Die Be- und Entladung erfolgt im Stillstand. Der Arbeitsablauf besteht aus Last- und Leerfahrten, Stillstandszeiten für das Be- und Entladen sowie aus Anschlussfahrten. Die Vorgänge wiederholen sich in Arbeitsspielen.

Die Bedienung erfolgt größtenteils manuell und verursacht aufgrund des hohen Personaleinsatzes hohe Betriebskosten. Eine Automatisierung des Betriebs erfordert größeren Aufwand gegenüber Stetigförderern und ist aus Sicherheitsgründen nur in abgegrenzten Bereichen möglich.

Die besonderen Vorteile liegen in der hohen Einsatzflexibilität, beispielsweise bei Änderung der Transportaufgabe oder der Förderstrecke sowie bei Leistungserhöhung. [15]

4.2.1 Fahrlader (LHD)

Der Fahrlader ist eine gummibereifte, bewegliche, untergriffige Lademaschine mit Frontschaufel. Vorder- und Hinterteil des Fahrzeuges sind mit einer Knicklenkung verbunden, um einen geringen Kurvenradius zu gewährleisten. Im LHD Betrieb (Load-Haul-Dump) wird die Maschine zum Aufnehmen des Hauerwerks sowie für den anschließenden Transport über kurze Strecken (bis zu 500 m) zu einem Übergabepunkt eingesetzt. Die Energieversorgung erfolgt mit Diesel- oder Elektromotor. Fernsteuerbare Fahrlader gewährleisten die Sicherheit des Personals bei der Arbeit in unberäumten Abbauhohlräumen. [16]



Abbildung 28: Fahrlader [2]

Vorteile	Nachteile
Laden und Transport kombiniert	Personalintensiv
Geeignet bei schlechter Fahrbahn	Baugröße und Förderleistung durch Streckenquerschnitt begrenzt
Elektrobetrieb: Abgasfrei	Dieselpetrieb: Abgase
Flexibler Einsatz	Elektrobetrieb: Schleppkabel
Robuste Bauweise	
Gute Wendigkeit	

Tabelle 18: Vorteile/Nachteile LHD

Derzeit kommen Fahrlader in der Grube Clara für die Förderung zwischen Abbaukammern und Rolloch zum Einsatz. Bedingt durch die Geometrie der Lagerstätte, das Abbaufahren und die notwendige räumliche Flexibilität werden für den Transport des Roherzes aus den Abbauen weiterhin Fahrschaufellader im LHD-Betrieb erforderlich sein.

4.2.2 LKW

Bei LKW handelt es sich um gummibereifte Transportmittel, welche das zu transportierende Gut von einem Punkt zum Anderen fördern und am Endpunkt abkippen. Die zwei Hauptbaugruppen sind Fahrgestell und Transportgefäß. Man unterscheidet zwischen Einzelfahrzeugen, Sattelfahrzeugen und Hängerzügen, welche als Bodenentleerer, Hinterkipper oder Seitenkipper ausgeführt werden können. Die Ausführung in Starrrahmenbauweise ermöglicht eine höhere Zuladung und höhere Stabilität, während ein Knicklenker bessere Wendigkeit und geringere Kurvenradien erlaubt. Aufgrund der Belastung erfolgt der Antrieb an der Hinterachse oder als Allrad. Größe und Anzahl der Reifen, welche auf zwei oder mehreren Achsen angeordnet sind, bestimmen die technisch zulässige Gesamtmasse. [19]

Die Beladung eines LKW erfolgt im Allgemeinen von oben. Dies kann mittels stationärer Beladeeinrichtung, einem Radlader oder Bagger durchgeführt werden.

Grundsätzlich ist zwischen Straßen-LKW (Kipper) und speziell für den Bergbau entwickelten Maschinen zu unterscheiden. Diese SLKW (Schwerlastkraftwagen), die sich je nach Bauart sowohl für den untertägigen als auch übertägigen Einsatz eignen, ermöglichen eine Nutzlast von bis zu 360 t.

Vorteile	Nachteile
Flexible Be- und Entladestellen	Personalbedarf
Stück- und Schüttguttransport	Abgase
Transport großer Korngrößen möglich	Kraftstoffverbrauch
Große Steigungen realisierbar	Reifenverschleiß
Variable Geschwindigkeit	Fahrweg erforderlich
Geringe Auswirkung auf Gesamtsystem bei Ausfall eines LKW	Ungünstiges Nutz-/Totlastverhältnis
	Wartungsintensiv

Tabelle 19: Vorteile/Nachteile LKW [19]

Bereits bisher werden LKW für den Transport von den untertägigen Ladestellen zur Aufbereitung sowie für den Rücktransport der Aufbereitungsabgänge eingesetzt (siehe Kapitel 2.4 und 2.6). Dabei müssen die Fahrzeuge den gesetzlichen Anforderungen für den Betrieb im öffentlichen Straßennetz hinsichtlich Gesamtgewicht und technischen Spezifikationen entsprechen (siehe Kapitel 3.3.3), wodurch die technisch mögliche Zuladung nicht ausgenutzt werden kann. Die beengten Bedingungen untertage begrenzen die Abmessungen der eingesetzten Fahrzeuge.

Um einen optimalen Einsatz der Fahrzeuge auf den Teilstrecken zu realisieren, könnte eine Trennung in grubeninternen Transport und Transport über das öffentliche Straßennetz erfolgen. In diesem Fall ist eine Übergabestation zwischen den beiden Sektionen notwendig. Alternativ kann auf einer der Teilstrecken ein anderes Fördermittel anstatt der LKW eingesetzt werden.

4.2.3 Gleisförderung

Die Gleisförderung erfolgt mittels spurgeführten Förderzügen, die sich aus einer Lokomotive als Antriebseinheit und mehreren gekuppelten Transportwagen zusammensetzen. Die geringe Stahl-auf-Stahl-Reibung des Rad-Schiene Systems ermöglicht einen energieeffizienten Transport, begrenzt allerdings den Einsatz im Adhäsionsbetrieb auf flache Transportstrecken mit einer Neigung von maximal 3 %. Die Beladung erfolgt direkt mittels Ladegerät oder über Laderutschen aus Rolllöchern oder Bunkern. Die Wagen können je nach Ausführung über Boden- bzw. Seitenklappen, Kippen des Gefäßes oder durch Umdrehen des Wagens mittels Wipper in einen Tiefbunker entladen werden.

Im Bergbau werden Förderbahnen für unterschiedliche Anwendungen eingesetzt:

- Abbau: Transport erfolgt direkt aus dem Abbau bis zum nächsten Fördermittel.
- Innerbetriebliche Förderung: Transport von Sammelpunkten (Erzrollen) zu zur Schachtförderung oder nach übertage.
- Transport übertage: Transport vom Bergbaugelände zur Aufbereitung bzw. zum Kunden.

Die Gleisförderung wurde in weiten Bereichen durch die Gleislostechnik abgelöst. Moderne Einsatzgebiete für die Gleisförderung bieten sich im Transport auf langen Strecken übertage sowie für Hauptfördersohlen in untertägigen Bergwerken mit hoher Fördermenge.

Vorteile	Nachteile
Geringer Rollwiderstand	Geringe Steigung
Flexibel im Bereich der Gleisanlagen	Gleisbau erforderlich
Robust, einfache Infrastruktur	Hohe Investitionskosten
Möglichkeit der Automatisierung	
Geringer Platzbedarf	

Tabelle 20: Vorteile/Nachteile Gleisförderung

Bis zur Umstellung auf Gleislostechnik im Jahr 1975 wurde gleisgebundene Förderung auch auf der Grube Clara angewendet. [2]

Der Einsatz eines Gleisförderers zum sölhigen Transport ist in Kombination mit einem Vertikalfördersystem (Taschengurtförderer oder Gefäßförderung) für den untertägigen Transport denkbar.

4.2.4 Gefäßförderung (Skip)

Eine Gefäßförderung (Skip) ist eine Einrichtung zur vertikalen Förderung von Material in Schächten. Die Fördergefäße werden mittels Förderseilen im Schacht auf und ab bewegt und durch Spurlatten geführt. Bei kleineren Anlagen mit einem Fördergefäß erfolgt der Antrieb mit einer Fördertrommel. Bei zwei Fördergefäßen dienen sich die Gefäße als Gegengewicht und pendeln gegengleich im Schacht.

Am Füllort untertage wird das zu fördernde Gut über Materialrutschen in die Fördergefäße gefüllt. Die Entleerung erfolgt mittels Bodenklappen oder Kippen des Gefäßes. Die Förderleistung ist abhängig von Zyklusdauer und Skipgröße.

Es können Fördergeschwindigkeiten bis zu 20 m/s und Förderhöhen bis zu 2.500 m realisiert werden. [17]

Vorteile	Nachteile
Hohe Förderleistung möglich	Ungleichmäßige Förderung
Automatisierbarkeit	Hohe Investitionskosten
Geringe Betriebskosten	
Große vertikale Förderhöhe	

Tabelle 21: Vorteile/Nachteile Skip

Anwendungsmöglichkeiten für eine Schachtförderung im Bereich der Grube Clara bieten sich für den untertägigen Roherztransport vom Abbauniveau zu einer Übergabestation mittels Blindschacht. Das auf unterschiedlichen Teilsohlen anfallende Material muss entweder zu einem gemeinsamen Aufgabepunkt im Grubentiefsten gestürzt werden oder auf den jeweiligen Sohlen durch weitere Füllorte auf das Fördermittel aufgegeben werden.

4.2.5 Sturzschacht/Rolloch

Unter einem Sturzschacht bzw. einem Rolloch versteht man einen senkrechten oder stark geneigten Grubenbau. Dieser dient der Abwärtsförderung von Haufwerk und Bergen mit Hilfe der Schwerkraft sowie als Zwischenspeicher. Die Neigung des Rollochs darf den Schüttwinkel des Materials nicht unterschreiten. Abhängig von der Standfestigkeit des anstehenden Gebirges, der Abrasivität des Erzes und der erwarteten Lebensdauer kommen Sturzschächte mit und ohne Auskleidung zur Ausführung. Die Auffahrung erfolgt mittels Bohr- und Sprengtechnik oder mit Großbohrlochmaschinen. [18]

Um Stopfern vorzubeugen, sollte die Maximalkorngröße ein Drittel des Schachtdurchmessers nicht überschreiten. Dies kann durch Schutzgitter am Ort der Beschickung des Sturzschachtes sichergestellt werden. Der Materialaustrag erfolgt über eine Austragsvorrichtung, z.B. einer Schurre oder Vibrorinne. Alternativ kommt ein Fahrlader bei offenem Austrag zum Einsatz.

Vorteile	Nachteile
Robust	Nur Abwärtsförderung
Zerkleinerungswirkung	Zerkleinerungswirkung
Speicherfunktion	Verstopfungsgefahr
Geringer Personalaufwand	Nur in kompaktem Gebirge, ansonsten Ausbau notwendig

Tabelle 22: Vorteile/Nachteile Rolloch

Bedingt durch das Abbauverfahren werden Rolllöcher bereits jetzt für den Materialtransport innerhalb der einzelnen Abbaubereiche genutzt. Sie stellen die Verbindung zwischen LHD-Förderung auf den Teilsohlen und der LKW-Förderung dar und erfüllen eine Speicherfunktion. Sollte es für ein neu einzuführendes Fördersystem notwendig sein, die Roherzströme untertage an einem Punkt zu sammeln, kann dies durch Sturzschächte erfolgen.

5 Förderkonzepte

Ausgehend von den gegebenen, in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen, Rahmenbedingungen und Fördersystemen sollen Förderkonzepte erarbeitet werden, um eine wirtschaftlichere Durchführung der Transporte zu ermöglichen. Der zeitliche Rahmen für die wirtschaftliche Betrachtung wurde auf 10 Jahre festgelegt. Besonderes Augenmerk ist dabei auf den getrennten Transport der unterschiedlichen Roherzsorten sowie den Rücktransport der Aufbereitungsberge in die Grube, als auch auf die Halde zu richten. Als Basis für die Berechnungen gelten die folgenden, geplanten Transportmengen:

150.000 t/a Roherzförderung, davon:	138.000 t/a tiefer TS 15.2
	12.000 t/a Ladestelle TS 12.0
70.000 t/a Rückfahren, davon:	20.000 t/a Versatz Grube
	50.000 t/a Halde Schlauch II

Die Nutzung von Fahrschaufelladern und Rolllöchern innerhalb der Baufelder ist durch das Abbauverfahren vorgegeben. Die zu betrachtende Förderstrecke erstreckt sich deshalb von der Übernahme des Roherzes an den Ladestellen (LS) der einzelnen Abbaufelder in der Grube Clara (LS 12.0, LS 17.1, LS 18.0, LS 19.0) bis zur Übergabe des Materials auf sortenreine Zwischenlager im Bereich der Aufbereitung Wolfach. Weiters sind die Rücktransporte vom Gelände der Aufbereitung in Wolfach bis zur Abkippung auf der Halde bzw. bis zur Bergekippstelle zu realisieren.

Neben dem Einsatz von einem Fördersystem auf der gesamten Strecke besteht die Möglichkeit zwei oder mehrere Systeme zu kombinieren um deren Eigenschaften optimal zu nutzen. Die Förderstrecke wird dazu in folgende Sektionen mit unterschiedlichen, aber innerhalb der Sektion gleichbleibenden Anforderungen geteilt:

- Zusammenführen der Materialströme von den einzelnen Ladestellen
- Roherztransport nach Übertage
- Weitertransport des Roherz nach Wolfach zur Aufbereitung
- Transport der Aufbereitungsabgänge zum Bergbaugelände im Rankachtal
- Weitertransport der Aufbereitungsabgänge auf die Halden
- Weitertransport der Aufbereitungsabgänge nach Untertage

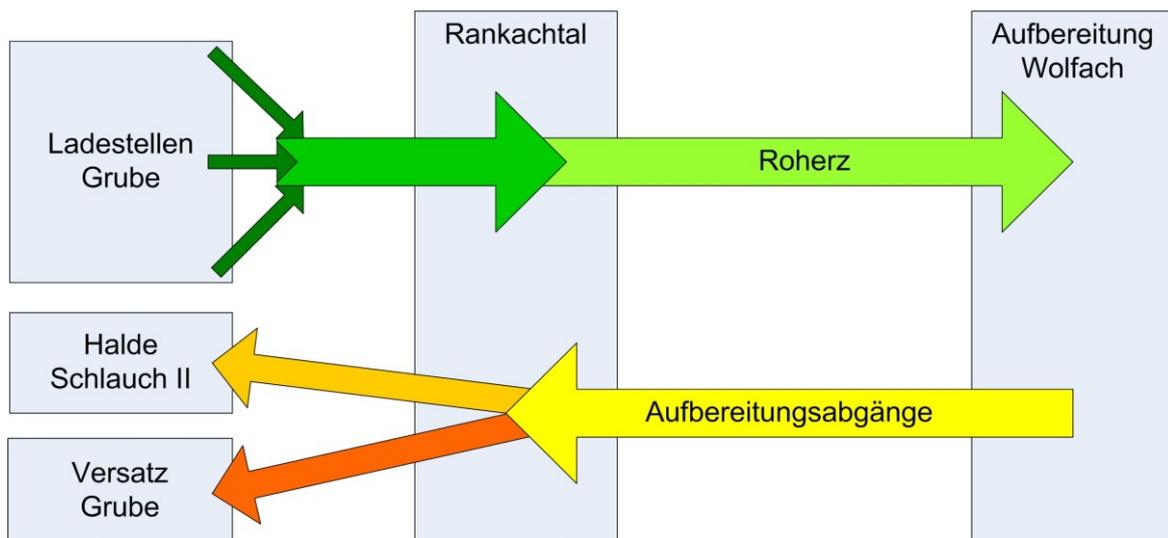


Abbildung 29: Sektionen der Förderstrecke mit unterschiedlichen Anforderungen

Der Roherztransport vom Grubengelände zur Aufbereitung in Wolfach sowie der Rücktransport der Aufbereitungsabgänge sollen nach Möglichkeit mit nur einem, in beide Richtungen arbeitenden Fördersystem bewerkstelligt werden um parallele Strukturen und Leerfahrten zu vermeiden.

Hinsichtlich Verfügbarkeit ist es vorteilhaft möglichst wenige Systeme hintereinander zu koppeln. Die Verfügbarkeitswerte der einzelnen Systeme

müssen miteinander multipliziert werden wodurch die Verfügbarkeit des Gesamtsystems schlechter ist als die der Einzelsysteme. Beispielsweise erreichen zwei hintereinander geschaltete Fördersektionen mit einer Verfügbarkeit von je 95% als Einheit nur mehr etwa 90%. Dies gilt sowohl für die Kombination unterschiedlicher Systeme (z.B. LKW und Band) als auch gleichartiger Systeme (z.B. eine Bandanlage mit mehreren Sektionen).

Der parallele Einsatz erhöht die Verfügbarkeit des Gesamtsystems. Dies trifft beispielsweise auf LKW-Transport mit mehreren Fahrzeugen zu. Der Ausfall eines LKW bringt die Förderkette nicht zum Erliegen, reduziert jedoch die Transportkapazität. Störfälle wie Unterbrechungen am Förderweg hingegen betreffen alle Fahrzeuge und somit das Gesamtsystem direkt. Der Aufbau von redundanten Fördermitteln für den Störfall ist teuer und aufwändig. Um die betrieblichen Auswirkungen gering zu halten ist es daher praktikabel Pufferlager vorzusehen. Eine derartige Pufferfunktion erfüllen derzeit die Erzrollen untertage, und die Freilager in Wolfach.

Die Eignung der in Kapitel 4 vorgestellten Fördersysteme für die jeweiligen Teilstrecken ist in Tabelle 24 dargestellt. Weiters werden die Systeme hinsichtlich relevanter Parameter verglichen und nach folgendem Schema bewertet:

++	sehr gut
+	gut
~	mäßig
-	schlecht
--	sehr schlecht
x	nicht anwendbar

Tabelle 23: Bewertungsschema für Systemvergleich

	Gummigurt	Schlauchgurförderer	RopeCon®	Seilbahn	Taschengurförderer	Fahrschauflader	LKW	Gleisförderung	Schachtförderung	Sturzschacht / Rolle
Eignung für die Teilstrecken										
Zusammenführen	-	--	--	X	-	+	++	-	-	+
Erztransport Untertage	+	+	--	X	+	-	++	+	+	--
Erztransport Übertage	++	++	++	++	X	--	+	-	X	X
Rücktransport Wolfach - Rankachtal	+	+	+	+	X	--	+	-	X	X
Rücktransport nach Untertage	-	--	--	X	X	-	++	-	--	+
Rücktransport zur Halde	-	-	-	-	X	-	++	--	X	X
Wirtschaftliche Bewertung										
Investitionskosten	-	-	-	-	-	~	+	-	-	++
Betriebskosten (Wartung, Energie)	+	+	+	+	+	--	-	~	~	++
Personalbedarf	+	+	+	+	+	--	--	~	+	+
Betriebliche Bewertung										
Flexibilität	-	-	-	-	-	++	++	-	-	-
Trennung der Erzsorten	+	+	+	+	+	++	++	+	~	~
Transport von ungebrochenem Erz	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+
Umweltaspekte und Trassierung										
Emissionen	++	++	++	++	++	-	-	+	++	++
Sichtbarkeit	-	--	-	-	X	X	+	-	X	X
Trassierung Förderweg übertage	-	+	-	-	X	X	++	~	X	X
Trassierung Förderweg untertage	-	-	X	X	~	++	++	~	-	~

Tabelle 24: Vergleich der Fördersysteme

Der in der Tabelle getroffene Vergleich zeigt auf, dass sich Gummigurtförderer, Schlauchgurtförderer und RopeCon® sowohl für einen Einsatz in der übertägigen Teilstrecke als auch bedingt für den untertägigen Einsatz eignen. Für den untertägigen Einsatz ist ein ergänzendes System zur Zusammenführung der Erzströme notwendig. Um den Sortenreinen Erztransport zu gewährleisten ist ein chargenweise Betrieb und somit eine aufwendige Steuerung notwendig. Ein Rücktransport der Aufbereitungsabgänge von Wolfach ins Rankachtal ist realisierbar. Die Verteilung der Aufbereitungsabgänge nach untertage gestaltet sich durch die notwendigen Streckenauffahrungen aufwändig und bietet keine Flexibilität. Beim Transport vom Rankachtal auf die Halde sind große Steigungen zu überwinden. Aufgrund der Vorteile dieser stetigen Fördersysteme (Gummigurtförderer, Schlauchgurtförderer und RopeCon®) werden sie im Anschluss genauer betrachtet.

Eine Seilbahn eignet sich hier nicht für den untertägigen Einsatz, jedoch als stetiges Fördermittel übertage für den Erz- und Rücktransport. Deshalb wird sie im Anschluss gemeinsam mit den stetigen Fördersystemen übertage betrachtet.

Der Taschengurtförderer eignet sich nur zur Überbrückung von vertikalen Transportstrecken und bedarf zusätzlicher Fördermittel zum An- und Abtransport der Materialien. Deshalb kann er hier nicht für den Transport im übertägigen Bereich von der Grube zur Aufbereitung eingesetzt werden. Im untertägigen Einsatz ist für das Zusammenführen der Erzströme ein weiteres Fördermittel von Nöten, weiters ist für die Verwendung dieses Förderers ein Schacht aufzufahren. Hinsichtlich Verfügbarkeit ist es vorteilhaft möglichst wenige Systeme hintereinander zu koppeln. Die überwiegenden Nachteile bei der konkreten Anwendung dieses Systems führen dazu, dass der Taschengurtförderer nicht näher betrachtet wird.

Für die Schachtförderung gelten dieselben Argumente wie beim Taschengurtförderer. Da auch hier die Nachteile überwiegen, wird die Anwendung einer Schachtförderung nicht näher erläutert.

Ein Fahrschauellader eignet sich durch die kurzen wirtschaftlichen Förderstrecken nur für die Zusammenführung des Erzes in Verbindung mit einem nachgeschalteten System. Der Einsatz für die anderen Transportstrecken gestaltet sich aufgrund deren Entfernung als unwirtschaftlich. Deshalb wird der

Fahrschaufellader nicht weiter als mögliches Fördermittel außerhalb der Abbaufelder betrachtet.

LKW eignen sich für alle notwendigen Teilstrecken und können sowohl für eine durchgehende Förderung als auch für Teilstrecken in verschiedenen Varianten eingesetzt werden. Verschiedene Varianten zum Einsatz von LKW werden im Anschluss erörtert.

Die Anwendungsmöglichkeiten der Gleisförderung für den konkreten Fall sind sehr gering, da große Höhenunterschiede auf kurzen Strecken zu überwinden sind. Deshalb ist dieses Fördermittel hier nicht geeignet.

Ein Sturzschacht/Rolloch ist nur in Kombination mit einem anderen Fördermittel anwendbar. Es eignet sich nur für grubeninterne vertikale Transporte nach unten und somit nur für den Rücktransport nach untertage oder das Zusammenführen von Erz. Da möglichst wenige unterschiedliche Fördermittel aufgrund des Ausfallrisikos nacheinander geschaltet werden sollen, wird der Sturzschacht für den Einsatz außerhalb der Abbaufelder nicht näher betrachtet.

5.1 Untertägige Förderung

Der zu betrachtende untertägige Förderabschnitt liegt innerhalb des Bergbaugeländes und umfasst die Zusammenführung des Roherzes von den Ladestellen bis zu einer Schnittstelle zur weiteren Förderung.

5.1.1 LKW Förderung untertage

Der Einsatz von LKW ermöglicht die es, die Aufgaben Zusammenführung des Erzes und Transports gemeinsam zu erfüllen. Die speziellen Anforderungen an die eingesetzten Fahrzeuge betreffen Transportkapazität, Wendigkeit und Robustheit. Weiters sollen die Fahrzeuge auch für die notwendigen Bergetransporte innerhalb der Grube sowie auf die Bergeausgleichshalde eingesetzt werden können. Diese Anforderungen werden durch die derzeit eingesetzten 4-Achs LKW erfüllt, welche

somit auch für den weiteren Einsatz tauglich sind. Der ausschließliche Einsatz innerhalb des Bergbaugeländes erlaubt die Zuladung bis zum technischen Maximum von 25 t. Anstatt der derzeit eingesetzten 4-Achs LKW ist auch der Betrieb von speziell konstruierten Sonderbauformen für den Bergbau möglich. Weiters könnten für den untertägigen Förderabschnitt 5-Achs LKW mit 60 t Zuladung in Betracht gezogen werden.

5.1.2 Kontinuierliche Förderung untertage

Aufgrund der ähnlichen Eigenschaften hinsichtlich Linienführung und Betriebsart werden die Fördersysteme Gummigurtförderer, Schlauchgurtförderer und RopeCon® gemeinsam betrachtet und als kontinuierliche Fördersysteme bezeichnet.

Um die untertägige Teilstrecke der Roherzförderung mit einem Gurt- oder Schlauchgurtförderer rationell durchzuführen sind mehrere Voraussetzungen zu erfüllen:

- Zusammenführung der Erzförderung von den einzelnen Baufeldern zu einer zentralen Aufgabestelle des Stetigförderers
- Sicherstellen der maximalen Korngröße durch einen Vorbrecher
- Geradliniger Förderstollen nach Übertage

Für einen neu aufzufahrenden Förderstollen ab TS 19.0 wird eine maximale Steigung von 1:7 angesetzt. Das entspricht der Steigung in den bestehenden Wendelstrecken und ermöglicht eine Befahrung mit den vorhandenen Fahrzeugen. In Abbildung 30 sind Varianten für eine Unterfahrrampe von unterschiedlichen Ansatzpunkten zur 19. Sohle dargestellt. Unter Nutzung der Topografie (Gefälle im Rankachtal) ergibt sich bei einer Rampensteigung von 1:7 eine minimale Streckenlänge von 2700 m. Über die zu erwartenden geologischen Verhältnisse liegen keine Informationen vor.

Als zusätzlichen Vorteil stellt ein Förderstollen einen weiteren Tageszugang zum Grubengebäude dar und bietet Vorteile für die Wetterführung.

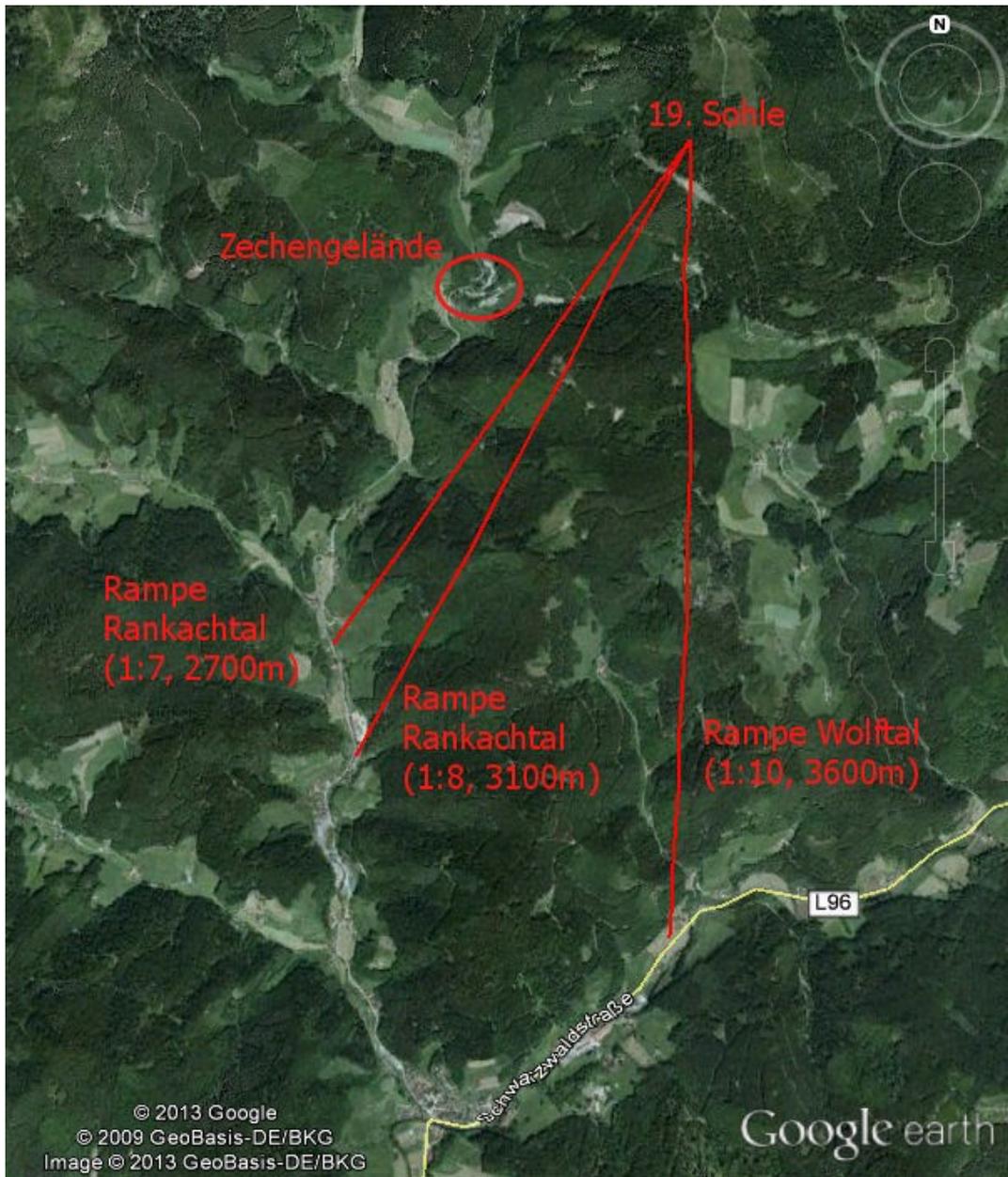


Abbildung 30: Varianten für eine Unterfahrrampe aus dem Wolf- oder Rankachtal zur 19. Sohle

5.2 Übertägige Förderung

Die übertägige Förderung erstreckt sich von der Übergabestelle vom untertägigen Fördersystem bis zur Aufbereitung in Wolfach. Als wesentliche Forderung an ein Fördersystem im übertägigen Bereich gilt die Notwendigkeit des gleichzeitigen Rücktransportes der Aufbereitungsabgänge. Dabei ist auch der anschließende Transport auf die Halde bzw. zu den Bergekippstellen in der Grube zu betrachten.

Eventuell kann eine gebrochene Bergeförderung in Betracht gezogen werden. Hierzu soll der Rücktransport von der Aufbereitungsanlage in Wolfach zu einer Umladeeinrichtung erfolgen. Von dieser Umladeeinrichtung könnte ein entkoppelter Transport auf die Halde bzw. nach untertage erfolgen.

5.2.1 LKW Förderung übertage

Voraussetzung für den Einsatz eines LKW in diesem übertägigen Förderabschnitt ist die Zulassung nach Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO). Es können die derzeit eingesetzten 4-Achs LKW mit einem Gesamtgewicht von 32 t oder 5-Achs Sattelzüge mit einem Gesamtgewicht von 40 t verwendet werden.

Mit den 4-Achs LKW ist sowohl der übertägige Transport zur Aufbereitungsanlage als auch der Rücktransport der Aufbereitungsabgänge auf die Halde bzw. zu einem Umladepunkt für den Transport nach untertage möglich.

5-Achs Sattelzüge erlauben eine höhere Zuladung als 4-Achs LKW und reduzieren somit die notwendige Anzahl an LKW Fahrten zur Aufbereitungsanlage. Rücktransporte sind nur bis zu einem Übergabepunkt möglich, da die Straße zur Halde ein Befahren mit diesen Fahrzeugen aufgrund fehlender Ausweich- und Wendemöglichkeiten, zu engen Kurven und der Gefahr des Hängenbleibens des Sattelzuges nicht ermöglicht. Der Ausbau der Straße lässt sich Kostengründen nicht durchführen. Von diesem Übergabepunkt ist ein Transport der Aufbereitungsabgänge mit einem anderen Transportsystem vorzusehen. Ein weiterer Nachteil sind die winterlichen Straßenverhältnisse im Rankachtal und das damit verbundene Hängenbleiben der Sattelzüge.

5.2.2 Kontinuierliche Förderung obertage

Der Transport des gewonnenen Erzes von der Übergabestation zur Aufbereitungsanlage mittels kontinuierlicher Förderung ist mit Schlauchgurtförderer, Seilbahn oder Gummigurtförderer möglich. Durch die ähnlichen Eigenschaften hinsichtlich Transportcharakteristik und Trassenführung werden diese Systeme gemeinsam betrachtet.

Ein Rücktransport zu einem Übergabepunkt ist mit allen drei Förderern möglich. Bei einem Transport mit einem kontinuierlichen Fördermittel ist ein Abstreifer vorzusehen, um das Festkleben des Filterkuchens auf dem Förderer zu verhindern.

Durch die Punkt zu Punkt Charakteristik ist für eine Trennung der Erzsorten beim Transport zur Aufbereitungsanlage zu sorgen. Die ist nur durch eine kampagnenweise Förderung unterteilt in die unterschiedlichen Erzchargen möglich. Mit der geforderten Jahresfördermenge sind die gängigen kontinuierlichen Fördersysteme weitaus überdimensioniert. Durch die nahezu geradlinige Trassenführung, die Sichtbarkeit der Fördersysteme und die Tatsache, dass die Trassenführung durch den Naturpark Schwarzwald Mitte/Nord und besiedeltes Gebiet führt, ist mit einem aufwändigen Genehmigungsverfahren und Anrainerprotesten zu rechnen.

Abbildung 31 zeigt drei mögliche Varianten der Trassenführung. Die direkte Trassenführung verläuft auf langen Abschnitten direkt über bzw. durch besiedeltes Gebiet. Die beiden anderen dargestellten Varianten verlaufen außerhalb besiedelten Gebietes, jedoch ist eine Übergabe- oder Zwischenstation erforderlich. Die geringen Betriebskosten können aufgrund der schlechten Ausnutzung der Förderkapazität die hohen Investitionskosten für die kontinuierlichen Fördersysteme nicht ausgleichen.



Abbildung 31: Trassenvarianten kontinuierliche Förderung obertage

5.3 Durchgängige Förderung

Die durchgängige Förderung verläuft von einem untertägigen Sammelpunkt bis zur Aufbereitung in Wolfach und wird nur mit einem Transportsystem bedient. Eine Umladung oder Zwischenlagerung ist nicht vorgesehen. Weiters muss das System in der Lage sein, die Rücktransporte zumindest bis zu einem übertägigen Umladepunkt für einen Weitertransport auf die Halde bzw. nach untertage zu gewährleisten. Im Idealfall kann ein Rücktransport direkt ans Ziel erfolgen.

5.3.1 Durchgängige LKW Förderung

Diese Fördervariante mit durchlaufenden 4-Achs LKW stellt die derzeitige Situation dar und ist in Kapitel 2 und Kapitel 3 ausführlich beschrieben. Es besteht die Optimierungsmöglichkeit durch Einsatz von Fahrzeugen mit einer höheren Zuladung. Wesentliche Beschränkungen sind hierbei allerdings die beengten Platzverhältnisse in der Grube sowie die begrenzte Gesamtmasse von Einzelfahrzeugen für die Fahrt über das öffentliche Straßennetz.

Durch Verzicht auf die verstärkte Fahrzeugstruktur bei den 4-Achs LKW könnte die Tara-Masse reduziert und bei gleichbleibendem Gesamtgewicht eine höhere Zuladung ermöglicht werden. Erfahrungswerte im Betrieb zeigen allerdings, dass der Einsatz von nicht verstärkten Fahrzeugen in der Grube zu stark erhöhtem Verschleiß der Fahrzeuge führt und nicht praktikabel ist.

Ein Einsatz von Sattelzügen ist aufgrund der Platzverhältnisse in der Grube derzeit nicht möglich. Durch die Errichtung eines Unterfahrungsstollens (vgl. Kapitel 5.1.2) wird der Einsatz von Sattelfahrzeugen nicht nur auf öffentlichen Straßen sondern auch in der Grube ermöglicht. Für den Rücktransport ist es zusätzlich notwendig die Zufahrtsstraße zur Halde Schlauch II entsprechend auszubauen und mit Ausweichmöglichkeiten zu versehen.

5.3.2 Durchgängige Behälterförderung

Bei der durchgängigen Behälterförderung handelt es sich um eine Kombination aus untertägiger und obertägiger LKW-Förderung, wobei das Fördergefäße durchgehend entlang der gesamten Förderstrecke mittels verschiedener LKW transportiert wird. Es ist sowohl ein Transport von der Grube zur Aufbereitung als auch ein Rücktransport von der Aufbereitung auf die Halde und nach untertage möglich. Dabei werden die Behälter befüllt und als Einheit mit der Ladung zwischen verschiedenen Transportsystemen zum Transportziel umgeschlagen. Durch den Einsatz eines standardisierten Abrollcontainersystems ist das Abkippen des Materials sowie der schnelle Behälterumschlag möglich.

5.3.3 Durchgängige kontinuierliche Förderung

Eine kontinuierliche Förderung von untertage bis zur Aufbereitung basiert auf den Überlegungen zur untertägigen kontinuierlichen Förderung (siehe Kapitel 5.1.2) sowie der übertägigen kontinuierlichen Förderung (siehe Kapitel 5.2.2).

Um für jede Förderstrecke den optimalen Stetigförderer wählen zu können, ist eine Kombination der unterschiedlichen Förderer möglich, solange keine Zwischenlagerung des Materials erforderlich ist. Beispielsweise kann ein Gummigurtförderer für den untertägigen Abschnitt und ein Schlauchgurtförderer für den übertägigen Abschnitt kombiniert werden.

Die Rücktransporte von der Aufbereitung zu einem Umladepunkt müssen mit dem gewählten Förderer durchgeführt werden können. Gegebenenfalls ist für den Weitertransport auf die Halde bzw. nach untertage zu den Bergekipfstellen ein weiteres Fördersystem vorzusehen.

Aufgrund der Notwendigkeit eines Unterfahrungsstollens, einer aufwändigen Trassenführung übertage und eines zusätzlichen Transportsystems zur Bergeverteilung ist die direkte kontinuierliche Förderung mit sehr hohen Investitionskosten verbunden.

5.4 Schlussfolgerung Förderkonzept

Der Einsatz von Stetigförderern im untertägigen Streckenabschnitt erfordert den Bau eines Unterfahrungsstollens. Ebenso ist dieser für den Einsatz von Sattelschleppern im untertägigen Bereich vorzusehen, da die andernfalls erforderliche Adaptierung der bestehenden LKW-Rampe den laufenden Grubenbetrieb stark beeinflusst und ebenfalls hohe Kosten verursacht. Bei geschätzten Kosten von 2000 € pro Meter Streckenlänge und einer Mindestlänge von 2700 m ergeben sich Investitionskosten von mindestens ca. 5,4 Mio. € für den Unterfahrungsstollen. Die Anschaffung eines kontinuierlichen Fördermittels ist zusätzlich erforderlich. Bei der geplanten zu transportierenden Menge und dem zeitlich begrenzten Planungshorizont von ca. 10 Jahren ist eine solche Investition wirtschaftlich nicht tragbar. Deshalb werden die Stetigförderer und Sattelzüge im untertägigen Streckenabschnitt nicht weiter in Betracht gezogen.

Für den Einsatz von 4-Achs LKW im untertägigen Streckenabschnitt können die bestehenden Strecken weiterhin genutzt werden. Der LKW-Einsatz wird weiterhin in Betracht gezogen.

Im übertägigen Streckenabschnitt wurden ebenfalls die kontinuierlichen Fördersysteme und die LKW Förderung betrachtet. Aufgrund der geradlinigen Trassenführung, der Sichtbarkeit der Fördersysteme und der Lage im Naturpark Schwarzwald Mitte/Nord sowie besiedeltem Gebiet, ist mit einem aufwändigen Genehmigungsverfahren und Anrainerprotesten bei kontinuierlichen Fördersystemen zu rechnen. Weiters sind aufgrund einer Länge von ca. 15 km, je nach Trassenverlauf, hohe Investitionskosten zu erwarten. Da bei den kontinuierlichen Fördersystemen der Rücktransport der Aufbereitungsberge nur bis zu einem Umladepunkt möglich ist, muss ein weiteres Fördermittel vom Umladepunkt zur Halde bzw. zur Bergekipfstelle eingesetzt werden. Diese unterbrochene Bergeförderung ist jedoch aufgrund der anhaftenden Materialbeschaffenheit der Aufbereitungsabgänge nur sehr schwer und mit hohem Aufwand umzusetzen. Bei Weiterförderung vom Umladepunkt zur Halde mittels LKW muss, wie bereits derzeit bei der Beladung der LKW in Wolfach praktiziert, zuerst eine Schicht Sand oder Setzberge aufgebracht werden, um das

anschließende Abkippen zu ermöglichen. Dazu muss eine Ausreichende Menge Sand und Setzberge sortenrein zum Umladepunkt transportiert und dort zwischengelagert werden. Weiters steht dieses Material nicht mehr unvermischt für den gezielten schichtweisen Aufbau der Halde Schlauch II zur Verfügung. Bei einem Weitertransport mit einem kontinuierlichen Fördermittel ist ein Abstreifer vorzusehen, um das Festkleben des Filterkuchens auf dem Förderer zu verhindern. Aufgrund der überwiegenden negativen Punkte in Bezug auf die Trassenführung und -länge sowie dem hohen Investitionsvolumen wird die kontinuierliche Förderung im übertägigen Abschnitt nicht weiter betrachtet.

Die LKW Förderung im übertägigen Bereich kann mit 4-Achs LKW oder mit Sattelzügen erfolgen. Bei der Rückförderung mit 4-Achs LKW kann das Material aus der Aufbereitung direkt auf die Halde transportiert werden. Aufgrund der Beschaffenheit der Zufahrt zur Halde ist beim Einsatz von Sattelzügen ein Umladepunkt vorzusehen, von dem aus das Material mit einem anderen Fördermittel (z.B. 4-Achs LKW oder Bandförderer) zur Halde gebracht werden muss. Auch hier ist bei Umladung auf einen anderen LKW zuerst eine Schicht Sand oder Setzberge durch einen Radlader aufzubringen, um ein Abkippen im Anschluss zu gewährleisten. Dieses Material muss extra zum Umladepunkt transportiert und dort gelagert werden. Der Einsatz von Silos ist aufgrund der Beschaffenheit der Aufbereitungsabgänge nicht zu empfehlen. Der Einsatz von LKW wird weiterhin berücksichtigt, jedoch soll aus den oben genannten Gründen keine Umladung der Berge auf einen anderen LKW stattfinden. Dadurch schließt sich der Sattelzug als Transportmittel für Rücktransporte aus.

Im Bereich der durchgängigen Förderung von untertage bis zur Aufbereitung und den Rücktransporten stehen die derzeitige Variante mit 4-Achs LKW, die durchgängige kontinuierliche Förderung und die durchgängige Behälterförderung zur Auswahl. Die kontinuierliche Förderung eliminiert sich, wie bereits in den übertägigen und untertägigen Bereichen erläutert, aufgrund der hohen Kosten und der Umwelteinflüsse. Somit können die Varianten 4-Achs LKW für alle Teilstrecken, 5-Achs Sattelzüge für die obertägige Teilstrecke und die Behälterförderung mittels unterschiedlicher LKW-Bauarten weiter betrachtet werden.

6 Detailplanung

Aus der Schlussfolgerung in Kapitel 5 geht hervor, dass nur eine Förderung mit LKW in verschiedenen Varianten in Betracht zu ziehen ist. Diese gliedern sich in 4-Achs LKW, 5-Achs Sattelzüge und Behälterförderung mittels unterschiedlicher LKW-Bauarten.

Die Aufteilung der Förderstrecke in einen untertägigen und einen übertägigen Bereich ermöglicht den Einsatz von unterschiedlichen LKW-Typen, welche entsprechend den jeweiligen Anforderungen gewählt werden können. Der Einsatz unterschiedlicher LKW-Typen für den Transport von der Grube zur Aufbereitung erfordert eine Umladung des Materials im Rankachtal. Hierzu werden verschiedene Varianten im folgenden Kapitel betrachtet. Im darauffolgenden Kapitel werden die unterschiedlichen sinnvollen Kombinationen des LKW-Einsatzes beschrieben.

6.1 Materialumladung

In Abbildung 32 wird der Materialfluss schematisch dargestellt. Durch die Möglichkeit unterschiedliche LKW für die jeweiligen Transportstrecken einzusetzen, wird eine Umladung des Roherzes notwendig (Umladung Rankachtal). Aufgrund der anhaftenden Eigenschaften der Aufbereitungsabgänge und da daher notwendigen mehrlagigen Beladung ist eine Umladung der Rücktransporte lediglich beim Behältertransport vorgesehen.

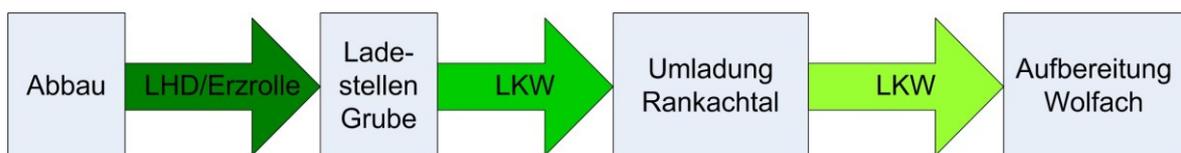


Abbildung 32: Roherztransport mit Umladung im Rankachtal

Für die Umladung werden die Umladevarianten Zwischenhalden, Direktumladung, Umladestation sowie Behälterumladung jeweils an einem Standort obertage (OT) sowie untertage (UT) betrachtet.

Für die Standortsuche im obertägigen Bereich liegen die Erschwernisse im beschränkten zur Verfügung stehenden Platz und der gebirgigen Topografie.

Bei untertägiger Platzierung der Umladestation ist auf die Gegebenheiten des Grubenbetriebes (z.B. Sprengzeiten) Rücksicht zu nehmen. Daher ist eine Entkopplung vom Grubenbetrieb nicht gegeben.

6.1.1 Zwischenhalden (obertage & untertage)

Die technisch einfachste Variante für den Materialumschlag besteht im Anlegen von Zwischenhalden, ähnlich den bestehenden Roherzhalden am Gelände der Aufbereitungsanlage in Wolfach. Die LKW der grubeninternen Transportstrecke können das Roherz selbstständig abkippen und die Lagerkapazität ermöglicht eine Entkopplung der beiden Transportstrecken. Die Beladung der nachfolgenden LKW erfolgt mittels zusätzlichen Radladers. Für dessen Bedienung ist ein weiterer Mitarbeiter erforderlich, sofern nicht alle LKW-Fahrer auf den Radlader eingeschult werden.

Aufgrund der unterschiedlichen Erzsorten ist das Anlegen von mehreren Zwischenhalden notwendig. Das wesentliche Problem ist der notwendige Platzbedarf für Lager- und Manövrierflächen. Im Bereich der Tagesanlagen ist für diese nicht ausreichend Platz vorhanden und die Auffahrung von Grubenbauten zu diesem Zweck im Nahbereich des Mundlochs erfordert den Ausbruch enormer Kubaturen, um die notwendige Fläche und die erforderliche Kipphöhe der LKW zu gewährleisten.

Vorteile	Nachteile
Obertage: Entkopplung der Teilstrecken vom Grubenbetrieb	Untertage: Keine Entkopplung der Teilstrecken vom Grubenbetrieb
Einfache Infrastruktur	Hoher Platzbedarf
Pufferfunktion	Radlader erforderlich
	Evtl. zusätzlicher Mitarbeiter
	Untertage: Ausbruchskubatur

Tabelle 25: Vorteile/Nachteile Zwischenhalden

Diese Variante ist nach derzeitigem Stand aufgrund der beengten Platzsituation obertage bzw. des erforderlichen Ausbruchvolumens untertage nicht umsetzbar.

6.1.2 Direktumladung (obertage & untertage)

Die Variante Direktumladung beinhaltet keine Zwischenlagerung. Der Umschlag einer einzelnen LKW-Ladung vom grubeninternen Transport wird mittels Rutsche oder ähnlicher technischer Einrichtung auf einen anderen LKW zum Weitertransport durchgeführt. Der Umschlag des Materials kann übertägig an einer Geländestufe oder Rampe oder untertägig in entsprechend aufzufahrenden Grubenbauten erfolgen. Der Vorteil dieser Variante liegt in den geringen Investitionskosten, jedoch weist sie einige betriebliche Nachteile auf. Durch die fehlende Zwischenlagerung besteht keine Pufferwirkung und die Zyklen der beiden Förderstrecken müssen exakt aufeinander abgestimmt sein um Wartezeiten zu verhindern. Eine Nutzung der vollen Kapazität auf beiden Teilstrecken erfordert die Abstimmung der Lademengen der eingesetzten Fahrzeuge.

Vorteile	Nachteile
Geringer Platzbedarf	Obertage: Bau einer Rampe
Einfache und robuste Infrastruktur	Untertage: Streckenauffahrung
	Komplexe Abstimmung der Zyklen
	Abstimmung der Lademengen
	Keine Pufferwirkung

Tabelle 26: Vorteile/Nachteile Direktumladung

Da keine Entkoppelung der beiden Förderstrecken möglich ist, die Wartezeiten sehr hoch sind oder nicht ausgelastete LKW Fahren zustande kommen und keine Pufferwirkung erreicht werden kann, ist von dieser Variante abzuraten.

6.1.3 Umladestation obertage

Für den Betrieb einer Umladestation sind folgende Elemente erforderlich:

- Zu- und Abfahrt bzw. Wendemöglichkeit für die Transporte aus der Grube
- Entladung für Roherz aus der Grube
- Höhenunterschied zwischen Bunkeraufgabe und –abzug
- Beladung für Roherz zur Aufbereitung
- Zu- und Abfahrt bzw. Wendemöglichkeit für die Transporte zur Aufbereitung

Die gebirgige Topografie im Bereich der Tagesanlagen im Rankachtal bietet kaum geeignete Flächen zum Errichten einer Umladestation. Ohne große, mit hohen Kosten verbundene Eingriffe in das bestehende Gelände, besteht die Möglichkeit eine Umladestation im Bereich des ehemaligen Erzbunkers aus Zeiten der Gleisförderung aus dem Rankachstollen zu errichten.

Die Zuführung des Roherzes erfolgt in diesem Fall aus der LKW-Rampe über das Betriebsgelände zur Abkipfstelle am Zechenplatz, dabei wird auch der Bereich der geplanten Beladung passiert und es kann zu einer Beeinflussung der beiden Teilstrecken kommen. Die Sattelzüge für den Weitertransport können direkt zur Verladung zufahren. Um ein Wenden der Sattelzüge zu ermöglichen, ist es notwendig im Bereich des Mundloches der LKW-Rampe eine neue Brücke über den Rankachbach zu errichten.

Abbildung 33 zeigt den Zechenplatz mit den Abdeckblechen des alten Erzbunkers im Hintergrund. Um ausreichend Platz zum Manövrieren beim Abkippen der 4-Achs LKW zu erhalten, müssten in diesem Bereich einige Parkplätze wegfallen. Die Dieseltankstelle befindet sich ebenfalls in diesem Bereich.



Abbildung 33: Zechenplatz mit ehemaligem Erzbunker

Der neu zu errichtende Bunker soll so platziert werden, dass während der Beladung eines LKW die Straße für Fahrten frei bleibt. Dabei ist ein Kompromiss zu finden zwischen verfügbarem Platz zum Abkippen beim Antransport und bei der Verladung. Der Höhenunterschied beträgt 9 m. Abbildung 34 zeigt den derzeit als Lagerplatz genutzten Bereich unterhalb des Erzbunkers mit der Zufahrt zur LKW-Rampe im Vordergrund.



Abbildung 34: Ehemaliger Erzbunker mit Zufahrt zur LKW-Rampe

Abbildung 35 wurde vom Mundloch der LKW-Rampe aus aufgenommen und zeigt links oben den Platz vor dem ehemaligen Bunker. Im Grünstreifen fließt der am rechten Bildrand neu zu überbrückende Rankachbach und trennt das Betriebsgelände und die im Hintergrund sichtbare öffentliche Straße.



Abbildung 35: Bereich vor dem Mundloch der LKW-Rampe

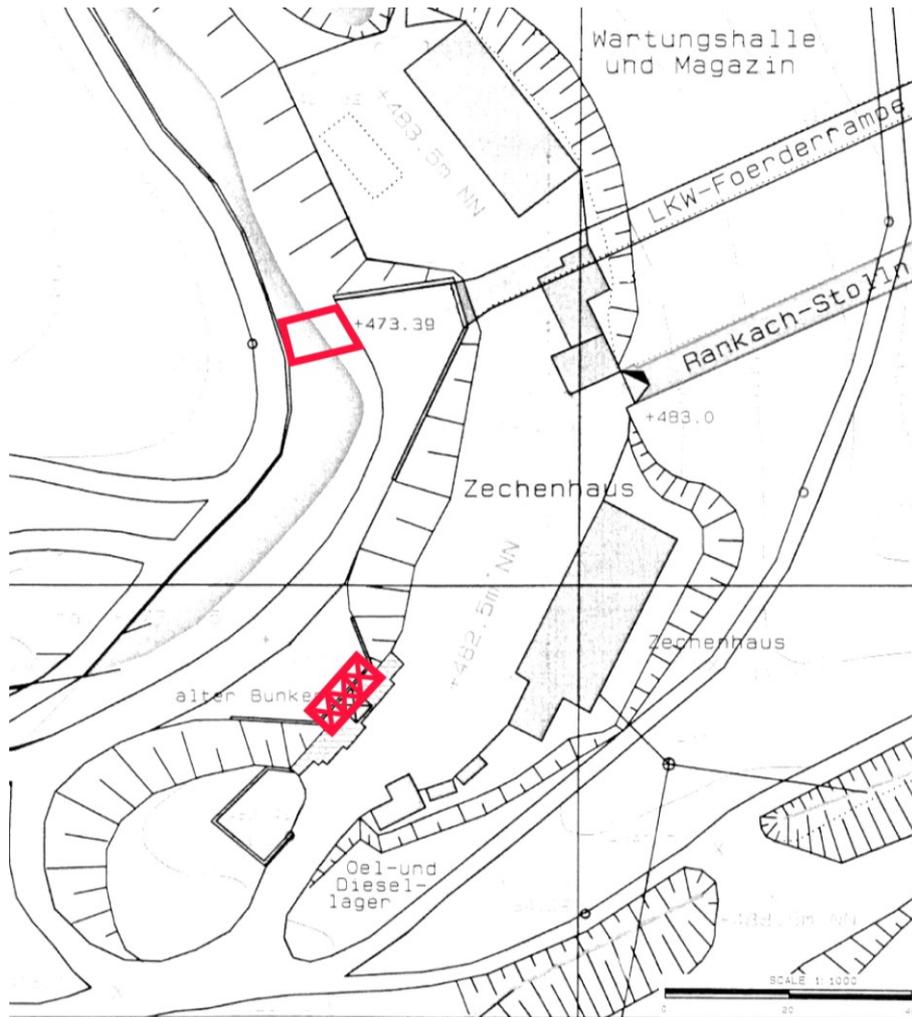


Abbildung 36: Bunker- und Brückenstandort

Vorteile	Nachteile
Keine Streckenauffahrung notwendig	Flächenbedarf
Entkopplung der Teilstrecken	Sichtbarkeit
Entkopplung vom Bergbaubetrieb	Lärm- und Staubemissionen
Kein zusätzlicher Mitarbeiter notwendig	Bau einer Brücke
Betriebliche Machbarkeit	Bau des Bunkers

Tabelle 27: Vorteile/Nachteile Umladestation obertage

Aufgrund der voraussichtlichen betrieblichen Machbarkeit dieser Variante wird die Umladestation obertage weiter in Betracht gezogen.

6.1.4 Umladestation untertage zwischen Rankachstollen und LKW-Rampe

Für den Betrieb einer untertägigen Umladestation sind ebenfalls die folgenden Elemente erforderlich:

- Zu- und Abfahrt bzw. Wendemöglichkeit für die Transporte aus der Grube
- Entladung für Roherz aus der Grube
- Höhenunterschied zwischen Bunkeraufgabe und –abzug
- Beladung für Roherz zur Aufbereitung
- Zu- und Abfahrt bzw. Wendemöglichkeit für die Transporte zur Aufbereitung

Die untertägige Errichtung einer Umladestation bietet den Vorteil, dass man das im Rankachtal vorhandene Platzproblem obertage umgehen kann und die Emissionen (Lärm, Sichtbarkeit, Staub) in die Umwelt gering bleiben.

Als Variante mit minimalen erforderlichen Auffahrungsarbeiten können Erzrollen zwischen Rankachstollen und der LKW-Rampe erstellt werden (siehe Abbildung 37). Die Zufahrt zu den Abkippstellen im Rankachstollen für den Antransport des Erzes muss über die LKW-Rampe nach obertage und über den Zechenplatz in den Rankachstollen erfolgen. Im Rankachstollen sind die Abkippstellen in die Silos platziert. Für den Abtransport ist unterhalb der Verladeanlage in der LKW-Rampe ein Wendeplatz oder eine Wendeschleife anzulegen.

Diese Streckenführung bedeutet stark erhöhten Verkehr auf den Tagesanlagen und einer gegenseitigen Beeinflussung von Erzantransporten und dem Erzabtransport in der LKW-Rampe sowie der Asche-Anlieferung für die Versatzanlage in Rankachstollen. Weiters erhöht sich die Wegstrecke für den grubeninternen Transport.

Diese Lösung kann, vor allem bei leeren Erzrollen, einen Wetterkurzschluss erzeugen, wodurch Abwetter aus der LKW-Rampe in den Frischwetterstrom des Rankachstollens gelangen können.

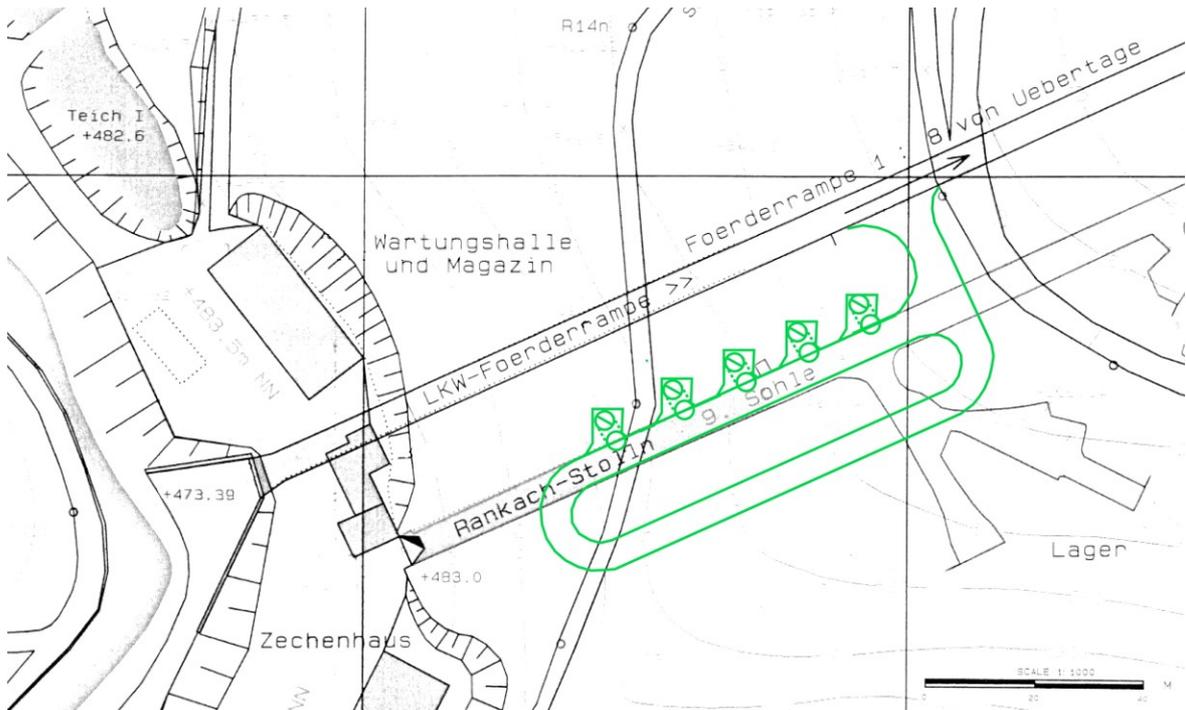


Abbildung 37: Umladestation untertage zwischen Rankachstollen und Förderrampe

Vorteile	Nachteile
Relativ wenig Streckenauffahrung	Förderstrecke über Zechenplatz
Pufferwirkung	Zufahrt zur Versatanlage erschwert
Geringe Emissionen übertage	Oberflächennah
	Möglicher Wetterkurzschluss
	Keine Entkopplung vom Bergbaubetrieb (z.B. Sprengzeiten)
	Längerer Fahrweg grubeninterner Transporte

Tabelle 28: Vorteile/Nachteile Umladestation Rankachstollen/LKW-Rampe

Aufgrund der langen Zufahrtstrecke zu den Abkipfstellen, dem erhöhten Verkehrsaufkommen auf dem Zechenplatz sowie dem Konflikt mit der Asche-Anlieferung für die Versatanlage ist von dieser Variante abzusehen.

6.1.5 Umladestation untertage in der LKW-Rampe

Bei dieser untertägigen Variante erfolgt die Zufahrt der Erzantransporte direkt in der LKW-Rampe. Hierzu ist das Auffahren von einem Abkipphorizont, den Erzrollen und einem Beladehorizont mit Wendeschleife für die LKW erforderlich (siehe Abbildung 38, in rot dargestellt). Die Abkippstellen können als Sackgasse mit vorgeschaltetem Wendequerschlag oder mit Wendeschleife (hier nicht dargestellt) erstellt werden.

Die Höhe der Erzrollen ist durch Abstand der Anschlusspunkte entlang der Rampe (Neigung 1:8) wählbar, wodurch gemeinsam mit dem Durchmesser die Kapazität der Erzrollen variiert werden kann. Die genaue Position entlang der LKW-Rampe ist variabel und sollte nach einer geotechnischen Betrachtung in standfestem Gebirge gewählt werden.

Die abtransportierenden LKW fahren über die LKW-Rampe in den Beladehorizont, welcher unterhalb der Abkippstellen liegt. Dort werden sie über die Erzrollen beladen und fahren über die Wendeschleife und die LKW-Rampe nach übertage. Der Bau einer Wendeschleife erlaubt auch den Einsatz von Sattelzügen.

Um eine einfache Wasserhaltung zu ermöglichen, sind alle Strecken mit leichtem Gefälle in Richtung LKW-Rampe aufzufahren. Die Bewetterung erfordert den Einsatz von Lüftern für Kopf- und Fußstrecke. Alternativ kann über eine zusätzlich aufzufahrende Wetterrolle eine gemeinsame Wetterführung für alle Bereiche erzielt werden. Aus Gründen der Arbeitssicherheit sollte dieser Wetterweg als zweiter Fluchtweg befahrbar ausgeführt werden.

In Abbildung 38 ist in eine Variante mit einem minimalen Kurvenradius von 45 m (rot) dargestellt. Um eine Verringerung der Streckenauffahrungen zu erzielen, kann der Kurvenradius auf bis zu 10 m (blau) reduziert werden. Dies führt jedoch zu einer geringeren Fahrgeschwindigkeit der LKW.



Abbildung 38: Umladestation untertage

Vorteile	Nachteile
Pufferwirkung	Keine Entkopplung vom Bergbaubetrieb
Geringe Emissionen übertage	Erforderliche Streckenauffahrung (je nach Variante)
Erzrollen variabel	
Einsatz von Sattelzügen möglich	
Geringer Verkehr auf dem Zechenplatz	
Einfache Wasserhaltung	

Tabelle 29: Vorteile/Nachteile Umladestation LKW-Rampe

Aufgrund der überwiegenden Vorteile wird diese Variante weiterhin betrachtet.

6.1.6 Behältertransport (obertage & untertage)

Durch den Einsatz von Behältern können alle Transporte an der Schnittstelle zwischen Bergbau und öffentlichem Straßennetz übergeben werden. Im Unterschied zu den vorher beschriebenen Varianten ist keine Einrichtung für die Umladung von Schüttgut erforderlich, sondern eine Abstellmöglichkeit für die Abrollcontainer (Umladung Rankachtal). Diese kann wiederum untertage in einer aus der LKW-Rampe erreichbaren Kaverne mit Wendeschleife oder obertage im Fußbereich der alten Erzsilos platziert werden.

Ein Einsatz dieser Variante ist nur sinnvoll bei Verwendung von Sattelzügen auf dem öffentlichen Straßenabschnitt um pro Container ca. 25 t transportieren zu können.

Der minimale Platzbedarf für einen obertägigen Stellplatz entspricht der Breite der Container bzw. LKW und der gemeinsamen Länge der längsten eingesetzten Fahrzeuge in Entladestellung mit dem Container. Durch schräge Anordnung von mehreren Stellplätzen nebeneinander kann eine langgezogene Geometrie der Abstellfläche, etwa entlang einer Straße oder Strecke, erreicht werden. Um eine geregelte Zu- und Abfahrt der Transporte der einzelnen Teilstrecken zu ermöglichen, ist wiederum eine Brücke über den Rankachbach zu errichten.

Für eine untertägige Anlage ist derselbe Flächenbedarf vorzusehen. Um ein Abladen des Behälters zu ermöglichen, ist in diesem Bereich die Firse nach oben aufzuweiten.

In Form des Abrollkippsystem (siehe Abbildung 39) nach DIN 30 722(-2) steht ein standardisiertes und fertig verfügbares Containersystem zur Verfügung.

Vorteile	Nachteile
Einfache Infrastruktur	Abrollkippersystem notwendig
Keine Schüttgutmanipulation	Abstimmung der Lademenge
Pufferwirkung	Flächenbedarf
Obertage: Entkopplung vom Bergbaubetrieb	Untertage: Keine Entkopplung vom Bergbaubetrieb
Trennung der Erzsorten	Sortenmanagement
Standardisiertes System möglich	

Tabelle 30: Vorteile/Nachteile Behältertransport



Abbildung 39: Abrollcontainer auf 4-Achs LKW [20]

Diese Variante des Behältertransportes wird aufgrund der relativ geringen Investitionen und der optimalen Ausnutzung der Fahrzeuge und der Lademenge auf allen Teilstrecken weiter in Betracht gezogen.

6.2 LKW-Einsatz

Da für die Förderung mittels LKW mehrere Bauarten in Betracht zu ziehen und auf die jeweiligen Anforderungen und Teilförderstrecken abzustimmen sind, ergeben sich in dieser Detailplanung verschiedene Konstellationen des Einsatzes von 4-Achs LKW, Sattelzügen und Behälterförderung mittels LKW.

6.2.1 LKW-Einsatz mit einheitlicher Flotte

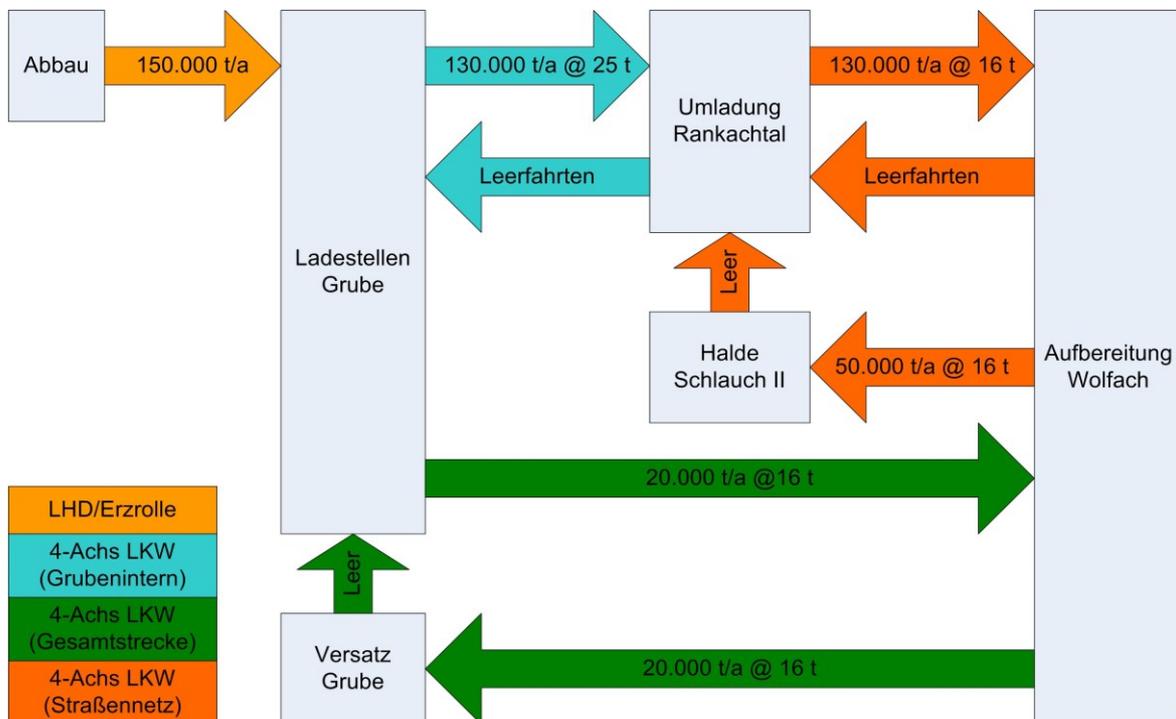


Abbildung 40: Massenströme mit einheitlicher LKW-Flotte

Von den Ladestellen in der Grube aus bis zur Umladung im Rankachtal werden 130.000 t Erz pro Jahr mit 4-Achs LKW mit der technisch maximal möglichen Zuladung von 25 t gefördert. Diese LKW pendeln zwischen Grube und Umladung im Rankachtal, die Fahrt auf öffentlichen Straßen mit dieser Zuladung nicht zulässig ist. Bei der Umladung wird erneut ein 4-Achs LKW beladen, welcher dann mit 16 t Zuladung von der Umladestelle bis zur Aufbereitung in Wolfach verkehrt.

Die 16 t Zuladung entsprechen dem maximal zugelassenen Gesamtgewicht von 32 t laut StVZO für Einzelfahrzeuge.

Nach Abkippen des Materials auf die Roherzhalden am Gelände der Aufbereitung werden die 4-Achs LKW mit 50.000 t/a Aufbereitungsabgängen zum Transport auf die Halde Schlauch II beladen. Im Anschluss an das Abkippen auf der Halde fährt der 4-Achs LKW leer zurück zur Umladung Rankachtal wo er erneut mit 16 t Roherz für die Fahrt nach Wolfach beladen wird. Wenn kein Rücktransport von Aufbereitungsabgängen erforderlich ist erfolgt die Rückfahrt als Leerfahrt direkt zur Umladung im Rankachtal.

Weiters sind Rücktransporte im Ausmaß von 20.000 t/a in die Grube durchzuführen. Nach dem Abkippen untertage kann der 4-Achs LKW für eine direkte Transportfahrt von untertage zur Aufbereitungsanlage in Wolfach mit einer Zuladung von 16 t genutzt werden. In diesem Fall wird die mögliche Zuladung im untertägigen Bereich nicht ausgenutzt, da der LKW-Umlauf aber zurück nach Wolfach führt kann in diesem Fall der Umladevorgang eingespart werden.

6.2.2 LKW-Einsatz mit unterschiedlichen LKW

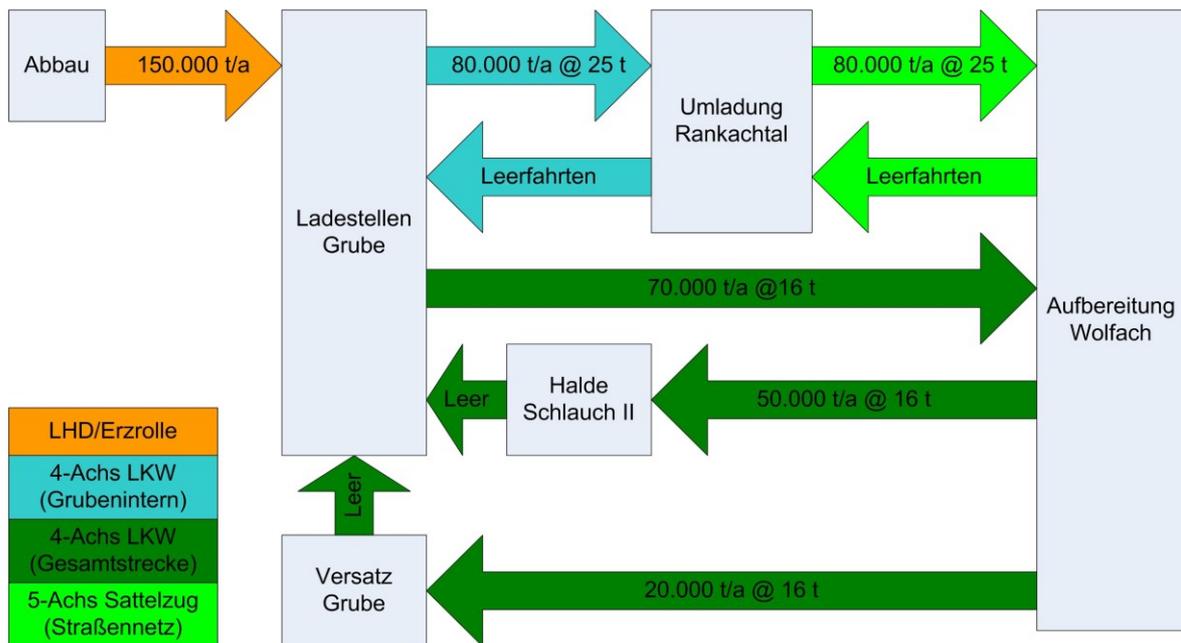


Abbildung 41: Massenströme mit unterschiedlichen LKW-Bauarten

Der Transport des Erzes zur Aufbereitung kann bei dieser Variante auf zwei unterschiedlich aufgeteilten Transportwegen erfolgen. Ein Teil der Förderung soll in zwei Teilstrecken im Bereich zwischen der Ladestelle in der Grube und der Aufbereitung Wolfach aufgeteilt werden. Diese gliedern sich in den grubeninternen Abschnitt mit 4-Achs LKW und den Abschnitt im öffentlichen Straßennetz mit 5-Achs-Sattelzügen. Zwischen diesen beiden Abschnitten soll eine Umladung im Rankachtal erfolgen. Der Transport von 80.000 t/a von den Ladestellen in der Grube zur Umladung im Rankachtal erfolgt mittels 4-Achs LKW unter Ausnutzung der technisch maximal möglichen Zuladung von 25 t. Nach Entladung an der Umladung fährt dieser 4-Achs LKW zurück in die Grube und wird erneut beladen. Zwischen der Umladung und der Aufbereitung in Wolfach verkehrt ein Sattelzug mit 25 t Zuladung. Dieser fährt nach dem Abkippen des Erzes unbeladen zur Umladung Rankachtal retour.

Durch die Herausforderungen beim Rücktransport der Aufbereitungsabgänge ist parallel zu oben genanntem Ablauf das Verkehren von 4-Achs LKW mit 16 t Zuladung auf direktem Weg zwischen den Ladestellen der Grube und der

Aufbereitung in Wolfach notwendig (70.000 t/a). Es findet keine Umladung statt. Nach Abladen des Erzes im Bereich der Aufbereitung werden die 4-Achs LKW mit Aufbereitungsabgängen beladen und fahren zur Halde Schlauch II (50.000 t/a) oder zum Abkippen in die Grube (20.000 t/a). Dadurch ist keine Umladung der Aufbereitungsabgänge auf einen anderen LKW notwendig, da die 4-Achs LKW auf der Halde bzw. in der Grube verkehren können. Im Anschluss stehen sie an den Ladestellen der Grube erneut zur Verfügung.

6.2.3 LKW-Einsatz mit Behältertransport

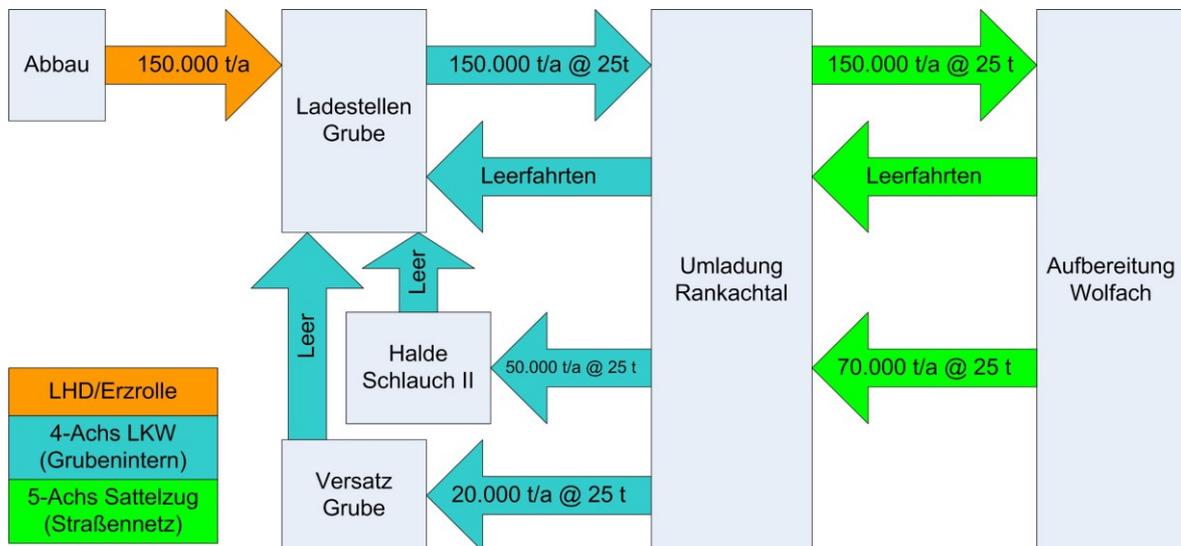


Abbildung 42: Massenströme bei Behältertransport

Durch den Einsatz von Wechselbehältern auf LKWs kann die Aufteilung in zwei unterschiedliche Transportströme entfallen, da die Rückförderung von der Aufbereitung zur Halde bzw. in die Grube ebenfalls mit diesem System verwirklicht werden kann (siehe Abbildung 42).

Mit Roherz aus den Abbauen gefüllte Container mit 25 t Zuladung werden mittels 4-Achs LKW zur Umladung im Rankachtal transportiert (150.000 t/a) und an einem freien Stellplatz abgestellt. Im Anschluss wird vom selben LKW ein leerer Behälter aufgenommen und zur Beladung in die Grube gebracht. Eine Umladung vom grubeninternen Abschnitt auf das öffentliche Straßennetz kann untertägig oder übertägig an der Umladung Rankachtal erfolgen. Von diesem Stellplatz aus wird der Container mittels Sattelzug zur Aufbereitung nach Wolfach transportiert und abgekippt. Die leeren oder mit Aufbereitungsabgängen (70.000 t/a) gefüllten Container werden mittels Sattelzügen von der Aufbereitung zur Umladestelle ins Rankachtal gebracht. Die mit Aufbereitungsabgängen gefüllten Behälter werden von der Umladung aus mittels 4-Achs LKW auf der Halde (50.000 t/a) oder an Bergekippstellen (20.000 t/a) verkippt und im Anschluss in die Grube transportiert und erneut befüllt.

6.3 Schlussfolgerung Detailplanung

In Folge der beschriebenen Varianten in Kapitel 6.1 und Kapitel 6.2 ergeben sich folgende in Betracht zu ziehende Kombinationen von Umladesystemen und LKW-Einsatz:

		Materialumladung			
		Umladestation obertage	Umladestation untertage LKW Rampe	Behälterumladung obertage	Behälterumladung untertage
LKW-Einsatz	Einheitliche LKW	x	x		
	Unterschiedliche LKW	x	x		
	Behältertransport			x	x

Tabelle 31: Kombinationen LKW-Einsatz/Materialumladung

Beim Einsatz von einheitlichen 4-Achs LKW kann die Materialumladung sowohl mittels Umladestation obertage als auch über eine Umladestation untertage in der LKW-Rampe umgesetzt werden. Ebenso kann beim Einsatz von unterschiedlichen LKW (4-Achs und Sattelzug) die Materialumladung ober- bzw. untertägig stattfinden. Die Umlademöglichkeit der Behälter kann ebenfalls unter- oder obertage platziert werden.

Diese verschiedenen Kombinationen sollen im anschließenden Kapitel der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung beleuchtet werden.

7 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sollen die, aufgrund der vorangegangenen Diskussion, verbleibenden Varianten der Förderung und der Umladung verglichen werden.

Im ersten Schritt sollen die unterschiedlichen Varianten des LKW-Einsatzes bezüglich Aufwand und Kosten verglichen werden. Anschließend werden die Kosten für die Errichtung der möglichen Umladevarianten betrachtet. Die wirtschaftliche Betrachtung der neu erarbeiteten Konzepte beschränkt sich auf das Aufzeigen von Einsparungsmöglichkeiten und erforderlichen Investitionen.

7.1 Wirtschaftliche Gegenüberstellung LKW-Einsatz

Aus Kapitel 6.3 geht hervor, dass drei verschiedene Varianten technisch und betrieblich umsetzbar sind: Einheitlicher LKW-Einsatz, Einsatz von unterschiedlichen LKW und der Behältertransport mit LKW. Zusätzlich wird auch die derzeitige LKW-Förderung berechnet und zum Vergleich herangezogen.

Für den Standort der Übergabe des Materials wird für jede Rechnung das Mundloch der LKW-Rampe angenommen, da sich auch die Messungen der Wegstrecken und Fahrzeiten auf diesen Punkt beziehen. Die tatsächliche Position des Umladepunktes über Tage oder an der LKW-Rampe führt zu einer geringfügigen Verschiebung der Wegstrecken und Fahrzeiten zwischen den einzelnen Teilstrecken. Diese Ungenauigkeit wird in der pauschal angenommenen Manipulationszeit an der Übergabe durch Aufrunden der Werte berücksichtigt.

Es werden für alle Fahrzeugtypen die gleichen Geschwindigkeiten und die gleichen Fahrzeiten angenommen.

Die Ladestellen für die Roherztransporte befinden sich derzeit größtenteils zwischen TS 17.1 und der 19. Sohle. Mit dem Fortschreiten des Abbaues zur Teufe hin wird sich auch der Schwerpunkt der Förderung nach unten verlagern. Weiters erfolgt die Verladung des Roherz aus dem Diagonaltrum im geringen Umfang von

12.000 t/a auf der 12. Sohle. Als rechnerischer Ausgangspunkt wird repräsentativ für alle Roherztransporte die Ladestelle auf der 18.Sohle angenommen.

Durch die Vergabe der Transportleistung an Subunternehmer ist der Fa. Sachtleben die genaue Kostenstruktur der LKW-Transporte nicht bekannt. Eine Bekanntgabe genauer Daten bezüglich Kosten für Arbeitszeit, Treibstoff, Wartung, Fahrzeugkauf ist nicht im Sinne der Subunternehmen, da die Frachttarife in Verhandlungen festgelegt werden. Die Ermittlung der Förderkosten im derzeitigen System kann daher nur auf Basis der vertraglich vereinbarten Frachttarife und der Förderleistung erfolgen. Die Indexanpassung entsprechend dem Dieselpreis sowie der Ausgleichszuschlag für den Erztransport aus den tieferliegenden Abbaufeldern wurden nicht eingerechnet, da sich diese prozentuell auf alle Varianten gleich auswirken. Die berechneten Förderkosten ergeben dadurch allerdings einen geringeren Wert als die real anfallenden Kosten.

In Tabelle 32 sind die Entfernungen in Kilometern zwischen den einzelnen Betriebspunkten und die dafür benötigte Fahrzeit als Basis für die Berechnungen angegeben. Weiters wird der derzeit festgelegte Frachttarif angeführt (Stand 2013). Diese beziehen sich auf Fahrten mit 4-Achs LKW, wurden zur Vereinfachung der Berechnung jedoch auch für Sattelzüge herangezogen. Die Fahrzeiten entstammen den Messungen im Beobachtungszeitraum (siehe Kapitel 3.6 bis 3.8).

	Länge	Fahrzeit	Frachttarif
	[m]	[min]	[€/t]
Ladestelle 18.0 - Umladung	3.870	10,0	2,50
Umladung - Ladestelle 18.0	3.870	9,0	-
Umladung - Aufbereitung	15.500	20,5	2,60
Aufbereitung - Umladung	15.500	20,5	-
Umladung - Halde Schlauch II	2.100	6,0	3,10
Halde Schlauch II - Umladung	2.100	6,0	-
Umlade - Bergekippstelle	3.570	9,0	2,85
Bergekippsstelle - Ladestelle	300	1,0	-
Ladestelle 18.0 - Aufbereitung direkt	19.370	30,5	5,70
Aufbereitung - Ladestelle 18.0 direkt	19.370	29,5	-

Tabelle 32: Streckenlänge, Fahrzeit und Frachttarif für die einzelnen Teilstrecken

Die benötigten Zeiten zur Beladung, Umladung und Entladung bei der Erzförderung und der Förderung der Aufbereitungsabgänge können der Tabelle 33 entnommen werden. Diese Zeiten berücksichtigen sämtliche Manipulations- und Rangierarbeiten.

Beladen an Erzrolle	4,5
Beladen an Umladestation	5,0
Beladen mit Radlader	7,0
Abkippen Halde	4,0
Abkippen Umladestation	2,0
Abkippen Bergekippstelle	2,0
Abkippen+Wiegen Aufbereitung	7,5
Abkippen+Beladen+2xWiegen Aufbereitung	12,5
Container Abstellen	4,0
Container Wechseln	6,0
Container Aufnehmen	4,0

Tabelle 33: Manipulationszeiten für einzelne Prozesse in [min]

Zuladung 4-Achs LKW öffentlich	16
Zuladung 4-Achs LKW grubenintern	25
Zuladung 5-Achs-Sattelzug	25
Zuladung 4-Achs LKW mit Container	25
Zuladung 5-Achs-Sattelzug mit Container	25

Tabelle 34: Kapazitäten der unterschiedlichen Fahrzeugbauarten [t]

Für die einzelnen LKW-Typen sind aufgrund der Bauart und des Einsatzgebietes unterschiedliche Zuladungen möglich (siehe Zusammenfassung Tabelle 34). Für Fahrten auf dem öffentlichen Straßennetz ist das Gesamtgewicht maßgebend. Die mögliche Zuladung ergibt sich im wesentlichen aus dem Eigengewicht und der Bauart des Fahrzeuges.

Die Berechnungen für Tabelle 35 basieren auf der Annahme, dass 240 Werkzeuge pro Jahr zur Verfügung stehen und an jedem dieser Tage eine durchschnittliche verfügbare Nutzzeit jedes LKWs von 8 h pro Tag gegeben ist. Diese Annahme beruht auf der derzeitigen Praxis dass ein LKW meist nur einem Fahrer zugeteilt ist.

Auf Basis der oben angeführter Daten können Kennwerte für die einzelnen Varianten berechnet werden. Die Anzahl der LKW-Fahrten für jeden Abschnitt ergibt sich aus der zu transportierenden Masse und der jeweiligen Zuladung. Für jede Fahrt sind die zurückzulegenden Strecke sowie die Fahr- und Manipulationszeiten bekannt wodurch die jährlich zu erbringenden Betriebsstunden und die Kilometerleistung bestimmt werden. Weiters wird die Verfügbarkeit eines Einzelfahrzeuges herangezogen um die erforderliche Anzahl an Fahrzeugen zu ermitteln. Die detaillierten Berechnungen zur Gegenüberstellung der einzelnen Varianten für den LKW-Einsatz finden sich in Tabelle 43 und Tabelle 44 im Anhang.

In der Gegenüberstellung der einzelnen Varianten des LKW-Einsatzes (Tabelle 35) werden die Anzahl der LKW-Fahrten vom Bergbaugelände zur Aufbereitung und retour, die benötigten Betriebsstunden des LKW, die gefahrenen Kilometer, die berechneten Kosten laut aktuellem Frachttarif pro Jahr, sowie die Anzahl der benötigten LKW in der jeweiligen Einheit angegeben. Die Betriebsstunden und die gefahrenen Kilometer werden hierbei auf 4-Achs und 5-Achs-Sattel LKW aufgeteilt. Für die Anzahl der LKW-Fahrten werden nur die Fahrten vom Bergbaugelände zur Aufbereitung und retour, im Hinblick auf die Belastung der Anrainer, angeführt. Fahrten innerhalb des Bergbaugeländes werden bei der Anzahl der LKW-Fahrten nicht berücksichtigt, jedoch sind sie Teil der Berechnung für alle anderen dargestellten Ergebnisse. Im Anschluss werden die einzelnen Varianten in Prozent verglichen, wobei der derzeitige Transportbetrieb 100% darstellt. Die grafische Darstellung der Werte erfolgt in Abbildung 43.

Die Planrechnung ergibt bei Beibehalten des derzeitigen Betriebs die Notwendigkeit von ca. 18.750 LKW-Fahrten pro Jahr vom Bergbaugelände zur Aufbereitung und retour. Die Fahrzeuge müssen dabei insgesamt ca. 380.000 km Fahrstrecke in ca. 12.500 Betriebsstunden zurücklegen. Dafür ist der werktägliche Einsatz von sieben 4-Achs LKW erforderlich.

Bei Einsatz einer einheitlichen LKW-Flotte mit 4-Achs LKW und einer Umladestation ergibt sich im Vergleich zur derzeitigen Förderung keine Reduktion der erforderlichen LKW-Fahrten zwischen Bergbau und Aufbereitung, da weiterhin mit 16 t Nutzlast am öffentlichen Straßennetz gefahren wird. Durch Steigerung der Zuladung im grubeninternen Verkehr auf 25 t ergibt sich nur eine geringe Ersparnis bei den Betriebsstunden (-2%) und bei der zu fahrenden Kilometerleistung (-6%). Die Berechnung nach dem aktuellen Frachttarif ergibt eine Reduktion der Kosten von 7%. Es kann kein LKW eingespart werden.

Werden zwei verschiedene LKW-Bauarten, im konkreten Fall 4-Achs LKW in der Grube und Sattelzüge für den Transport zwischen Bergbaugelände und Aufbereitung, mit einer Umladestation eingesetzt, kann die Anzahl der notwendigen LKW-Fahrten auf den öffentlichen Straßen um 19% reduziert werden. Auch die Betriebsstunden (-14%), die Kilometerleistung (-19%) und die Kosten laut Frachttarif (-4%) verringern sich. Von den derzeit benötigten sieben 4-Achs LKW bleiben vier bis fünf weiterhin im Einsatz. Zusätzlich sind zwei Sattelzüge erforderlich, wodurch sich die Gesamtzahl der einzusetzenden Fahrzeuge nicht reduziert.

Es ist ersichtlich, dass mit der Variante des Behältertransportes inkl. Umladung die meisten Einsparungen im Vergleich zur derzeitigen Transportweise sowohl bei der Anzahl der Fahrten (-36%), den Betriebsstunden (-26%), den zu fahrenden Kilometern (-36%), den Kosten laut Frachttarif (-8%) als auch bei der benötigten Anzahl an LKW erzielt werden können. Für den Behältertransport sind zwei 4-Achs LKW und drei Sattelzüge erforderlich.

	LKW-Fahrten durch Wolfach	LKW-Betriebsstunden			LKW-Fahrleistung			Kosten laut Frachttarif	Erforderliche Fahrzeuge	
		Gesamt	4-Achs LKW	5-Achs-Sattelzug	Gesamt	4-Achs LKW	5-Achs-Sattelzug		4-Achs LKW	5-Achs-Sattelzug
		[-]	[h]	[h]	[h]	[km]	[km]		[km]	[€]
Einheitliche Flotte (Derzeit)	18.750	12.510	12.510		376.313	376.313		1.067.000	7	
Einheitliche Flotte mir Umladung	18.750	12.215	12.215		353.673	353.673		989.000	7	
Zwei LKW-Bauarten mit Umladung	15.150	10.724	7.870	2.853	306.581	207.381	99.200	1.019.000	5	2
Wechselbehältertransport	12.000	9.207	3.523	5.683	240.840	54.840	186.000	977.000	2	3
Prozentueller Vergleich mit dem derzeitigen System										
Einheitliche Flotte (Derzeit)	100%	100%	100%		100%	100%		100%		
Einheitliche Flotte mir Umladung	100%	98%	98%		94%	94%		93%		
Zwei LKW-Bauarten mit Umladung	81%	86%	63%	23%	81%	55%	26%	96%		
Wechselbehältertransport	64%	74%	28%	45%	64%	15%	49%	92%		

Tabelle 35: Vergleich der unterschiedlichen LKW-Einsatz-Szenarien auf Jahresbasis

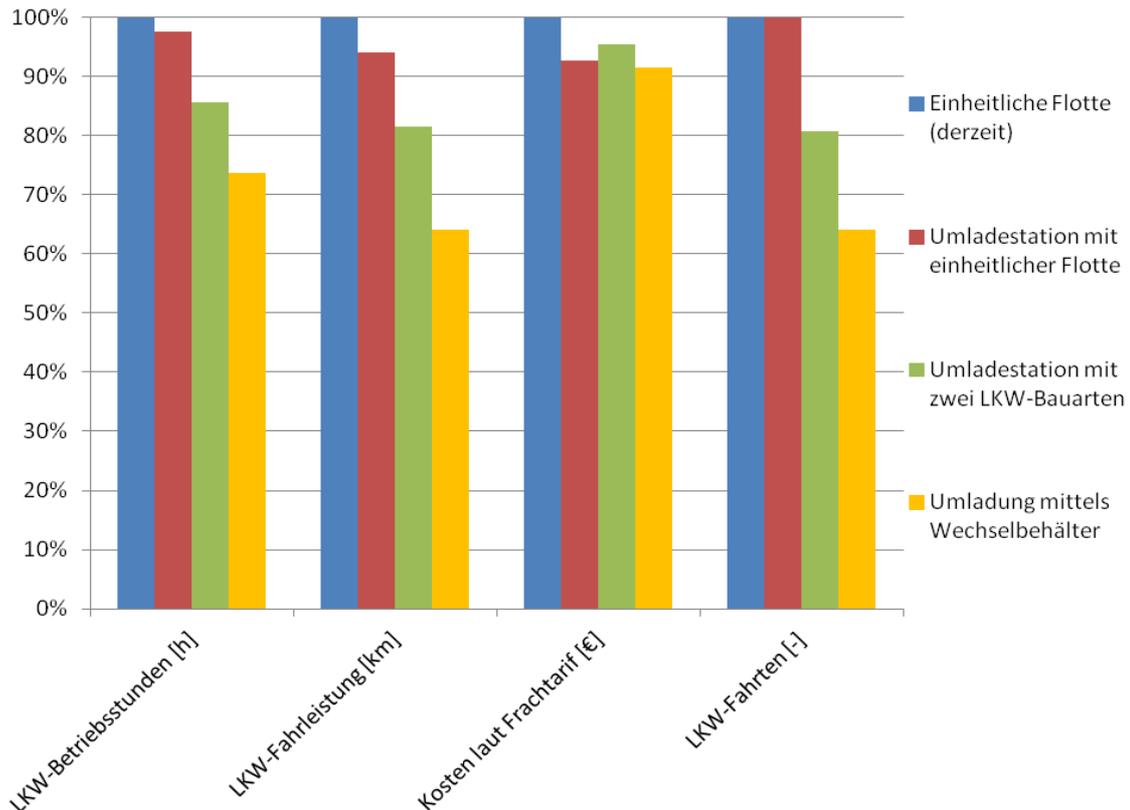


Abbildung 43: Vergleich der Varianten für den LKW-Einsatz bezogen auf das derzeitige System

Die Kosten für die Anschaffung der, für die neuen Varianten benötigten, LKW bzw. die Umrüstung der vorhandenen LKW auf ein Abrollkippersystem werden nicht betrachtet. Da die LKW Eigentum des Fuhrunternehmers sind und für den Transport je nach Strecke bzw. Art des LKW unterschiedliche Frachttarife zur Anwendung kommen, hat die Firma Sachtleben Bergbau GmbH & Co KG keine Investitionskosten bezüglich der LKW zu tragen. Aufgrund der effizienteren Ausnutzung der Fahrzeuge bei den neuen Varianten ist in Zukunft von einem günstigeren Frachttarif je Tonne auszugehen. Derzeit wird vom Fuhrunternehmer etwa jährlich ein vorhandener LKW durch einen neuen LKW ersetzt. Im Rahmen dieses Austausches kann die schrittweise Umstellung auf ein neues System erfolgen.

Für den Behältertransport ist eine zeitgleiche Umstellung bzw. Umrüstung sinnvoll, allerdings sind in diesem Fall nur drei Sattelzüge neu anzuschaffen sowie zwei 4-Achs LKW umzurüsten.

7.2 Wirtschaftliche Gegenüberstellung Umladevarianten

Als Ergebnis der Detailplanung in Kapitel 6.1 wurden eine Umladestation sowie ein Behälterplatz jeweils übertage und untertage ausgewählt.

In Tabelle 36 erfolgt eine Gegenüberstellung der ca. Kosten für die Errichtung der beiden Umladestationen und der beiden Stellplätze für den Behältertransport.

Bei der Errichtung einer übertägigen Umladestation können aus Platzgründen nur drei Silos mit einer Gesamtkapazität von ca. 450 t errichtet werden. Um die problemlose Abfahrt der LKW nach der Beladung zu gewährleisten, ist eine Brücke über den Rankachbach zu errichten. Für die Herstellung der übertägigen Umladestation werden Kosten von ca. 455.000 € geschätzt.

Die untertägige Umladestation kann mit fünf Erzrollen und einer Gesamtkapazität von ca. 450 t errichtet werden. Aufgrund der benötigten Streckenauffahrungen ist dies die teuerste Variante mit Investitionskosten von ca. 1,1 Mio. €.

Wird ein Behältertransport fokussiert, sind Stellplätze für die Behälter unter- oder übertage vorzusehen. Bei der übertägigen Variante sind erneut aufgrund der beengten Platzverhältnisse nur drei Stellplätze verwirklichtbar sowie eine Brücke über den Rankachbach zu bauen. Dies erlaubt eine Kapazität von lediglich 75 t und führt zu Kosten für die Errichtung von ca. 150.000 €.

Wird der Behälterstellplatz untertage platziert sind Streckenauffahrungen notwendig. Die geschätzten Herstellkosten der Auffahrungen belaufen sich auf ca. 670.000 € für fünf Stellplätze mit einer Kapazität von 125 t. Eine großzügigere Dimensionierung ist in diesem Fall relativ problemlos durch größere Auffahrungen zu erreichen.

Anhand der geschätzten Kosten ist ersichtlich, dass die Variante Behälterstellplatz übertage am günstigsten errichtet werden kann, gefolgt von der übertägigen Umladestation. Die Stellplätze für die Behälter bieten im Vergleich zur über- bzw. untertägigen Umladestation sehr viel geringere Kapazitäten und somit einen geringeren Pufferspeicher zur Entkoppelung der beiden Teilstrecken. Bei den Umladestationen liegt der wesentliche Kostenfaktor in der Errichtung der Station. Die Kapazität der Silos bzw. Rollen kann unter geringer Beeinflussung der Kosten

variiert werden. Eine Kapazitätserweiterung der Stellplätze für die Behälter bedeutet hohe zusätzliche Kosten, da der erweiterte Platzbedarf aufwändig geschaffen werden muss.

	Einheiten	Einheitskosten	Kosten
		[€]	[€]
Umladestation übertage: 3 Silos, Kapazität ca. 450 t			
Stahlbau Silo [Stk]	3	75.000	225.000
Rollenschnäbel [Stk]	3	20.000	60.000
Brücke [Stk]	1	150.000	150.000
Installationen (Licht, Pressluft)			20.000
Summe			455.000
Umladestation untertage: 5 Erzrollen, Kapazität ca. 450 t			
Streckenauffahrung [m]	452	2.000	904.000
Rollenauffahrung [m]	50	1.000	50.000
Rollenschnäbel [Stk]	5	20.000	100.000
Installationen (Licht, Pressluft)			20.000
Summe			1.074.600
Behälterplatz übertage: 3 Stellplätze, Kapazität ca. 75 t			
Brücke [Stk]	1	150.000	150.000
Summe			150.000
Behälterplatz untertage: 5 Stellplätze, Kapazität ca. 125 t			
Streckenauffahrung [m]	335	2.000	670.000
Summe			670.000

Tabelle 36: Investitionskostenvergleich Umladevarianten

8 Schlussfolgerung

Anhand der Ergebnisse der Detailplanung und der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung soll eine Empfehlung für eine geeignete Roherzförderung abgegeben werden. Die zusammenfassende Darstellung und Bewertung der Ergebnisse der Detailplanung und der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der unterschiedlichen Varianten des LKW-Einsatzes und der Umladevarianten befindet sich in Tabelle 37.

Als Entscheidungskriterien zusätzlich zu den Betriebsstunden, der Anzahl der LKW und den Errichtungskosten für die Umladung werden die Pufferwirkung, die Flexibilität der LKW-Flotte, die Entkopplung des Transports auf öffentlichen Straßen vom Grubenbetrieb und das Management der Erzsorten herangezogen. Die nicht in Zahlen darstellbaren Parameter werden als gut (+), neutral (~) oder schlecht (-) quantifiziert.

	LKW-Einsatz				Umladevariante			
	Betriebsstunden [%]	Anzahl. LKW	Pufferwirkung	Flexibilität	Standort	Kosten Errichtung [€]	Entkopplung vom Grubenbetrieb	Management der Erzsorten
Einheitliche Flotte (derzeit)	100 %	7	-	+		0	-	+
Einheitliche Flotte mit Umladestation	98 %	7	+	+	OT	455.000	+	~
					UT	1.074.000	-	+
Unterschiedliche LKW-Bauarten	86 %	5+2	+	~	OT	455.000	+	~
					UT	1.074.000	-	+
Behältertransport	74 %	2+3	~	-	OT	150.000	+	~
					UT	670.000	-	~

Tabelle 37: Vergleich der Kombinationen (+...gut, ~...neutral, -...schlecht)

8.1 Einheitliche Flotte (derzeitige Variante)

Bei Beibehaltung der derzeitigen Förderung ist der tägliche Einsatz von sieben 4-Achs LKW erforderlich. Da zum Weiterbetrieb dieser Förderung keine neue Infrastruktur angeschafft werden muss, fallen keine Errichtungskosten an. Durch die durchgehende Förderung von den untertägigen Ladestellen bis zur Aufbereitung ist keine Pufferfunktion und keine Entkopplung vom Grubenbetrieb gegeben. Die einheitliche Flotte und deren Tauglichkeit für alle Teilstrecken ermöglicht einen flexiblen Einsatz des Fuhrparks. Jedoch ist aufgrund der hohen Anzahl an LKW-Fahrten am öffentlichen Straßennetz die Belastung für die Anrainer enorm. Als Hilfsmittel für die richtige Zuordnung des Erzes verwenden die LKW-Fahrer derzeit Farbtafeln in der Windschutzscheibe. Die Erzrollen untertage sind dementsprechend farbig markiert und die Positionen der Erzhalde auf dem Gelände der Aufbereitung immer gleich.

Aus Sicht der betrieblichen Abläufe und dem Vorteil keine Investitionen tätigen zu müssen, ist eine Weiterführung der Transporte in dieser Weise durchaus denkbar.

8.2 Einheitliche LKW-Flotte mit Umladestation

Der Vorteil bei Nutzung einer Umladestation mit einheitlicher LKW-Flotte ist die gute Ausnutzung der LKW im untertägigen Abschnitt und das verringerte Verkehrsaufkommen untertage. Die Erztransporte auf öffentlichem Straßennetz sowie die Rücktransporte müssen wie derzeit durchgeführt werden, dadurch ergibt sich kaum eine Einsparung bei den Betriebsstunden. Es werden weiterhin sieben 4-Achs LKW benötigt. Diese Variante des LKW-Einsatzes kann mit einer übertägigen oder eine untertägigen Umladestation kombiniert werden. Beide dieser Varianten bieten eine Pufferwirkung und aufgrund der weiterhin einheitlichen Flotte ist ein flexibler Fahrzeugeinsatz möglich.

Bei Errichtung einer übertägigen Umladestation besteht eine Entkoppelung vom Grubenbetrieb. Da aufgrund der beschränkten Platzsituation im übertägigen Bereich nur drei Erzsilos vorgesehen sind, ist es notwendig je nach aktueller Geologie die Erzsorten in den Silos zu wechseln. Eine dauerhafte Zuweisung der Erzsorten zu einem Silo ist somit nicht möglich. Alternativ können drei Silos für die häufigen Erzsorten verwendet werden und die verbleibenden Erzsorten direkt zur Aufbereitung transportiert werden. Als Hilfsmittel zur Zuordnung der Erzsorten kann für beide Teilstrecken das bisherige System mit Farbtafeln in der Windscheibe der LKW angewendet werden. Allerdings erhöht sich mit der Vervielfachung der Be- und Entladevorgänge auch das Verwechslungspotential.

Eine untertägige Umladestation bietet die Möglichkeit für jede Erzsorte eine Erzrolle herzustellen und bietet eine höhere Sicherheit gegen Verwechslung der Erzsorten. Allerdings ist durch die Lage an der LKW-Rampe keine Entkopplung vom Grubenbetrieb möglich.

Da durch den Einsatz der einheitlichen LKW-Flotte mit Umladung ergibt sich nur eine minimale Einsparung (-2%) in den LKW-Betriebsstunden. Diese Einsparung rechtfertigt keinen Bau einer Umladestation.

8.3 Unterschiedliche LKW-Bauarten

Der Einsatz von unterschiedlichen LKW-Bauarten ermöglicht eine gute Auslastung der Fahrzeuge auf allen Streckenabschnitten. Weiters werden die Anzahl der Fahrten auf dem öffentlichen Straßennetz durch den Einsatz von Sattelzügen reduziert und die Anrainer entlastet. Durch das beschränkte Einsatzgebiet der Sattelzüge ist kein flexibler Einsatz dieser möglich. Da weiterhin knapp die Hälfte des Materials direkt von den Ladestellen in der Grube zur Aufbereitung transportiert wird, können bei dieser Variante die Vorteile der Umladestation am schlechtesten genutzt werden. Sowohl bei der untertägigen als auch bei der übertägigen Umladestation besteht eine Pufferwirkung.

Hinsichtlich der Entkopplung vom Grubenbetrieb und dem Management der Erzsorten gelten dieselben Feststellungen wie bei Nutzung einer Umladestation bei einheitlicher LKW-Flotte.

Von der Errichtung einer untertägigen Umladestation ist aufgrund der hohen Investitionskosten (1,1 Mio. €) und der fehlenden Entkopplung vom Grubenbetrieb abzusehen.

Die Errichtung einer übertägigen Umladestation ist aufgrund des geringen Platzbedarfs für die Silos und der Aufteilung der Erzsorten nicht optimal. Da während der Beladung der LKW an den Silos die LKW mit den Erzantransporten aus der Grube an diesen vorbeifahren müssen, sind gegenseitige Behinderungen vorprogrammiert. Weiters ist am Zechenplatz mit Beeinträchtigungen durch Abkippen und Wenden der LKW zu rechnen. Beispielsweise müsste die vorhandene Tankstelle verlegt und Parkplätze eingespart werden. Durch die unterschiedlichen Bauarten ist kein flexibler Einsatz der LKW möglich. Die Nachteile überwiegen auch in diesem Fall, sodass der Einsatz von unterschiedlichen LKW-Bauarten nicht verwirklicht werden sollte.

8.4 Behältertransport

Durch den Einsatz von Behältern ist es möglich auf allen Teilstrecken die Zuladung zu maximieren. Dadurch ergeben sich die größten Ersparnisse gegenüber der derzeitigen Fördersituation hinsichtlich Betriebsstunden und Anzahl der eingesetzten Fahrzeuge. Mit zwei 4-Achs LKW und drei Sattelzügen, jeweils mit einem Abrollkippsystem ausgerüstet, lässt sich die geforderte Transportmenge bewerkstelligen. Die erforderliche Spezialausrüstung der Fahrzeuge erschwert einen flexiblen Einsatz der Fahrzeuge auf den Teilstrecken unter- und übertage. Essentiell für den Einsatz eines Behältertransportes ist ein System zur durchgehenden Kennzeichnung jedes einzelnen Behälters hinsichtlich der Erzsorte.

Ein übertägiger Stellplatz für die Umladung der Behälter stellt nur eine geringe Pufferwirkung dar, da nur drei Stellplätze vorgesehen sind. Aufgrund der Lage übertage ist die Entkopplung vom Grubenbetrieb gegeben.

Ein untertägiger Behälterstellplatz kann nicht vom Grubenbetrieb entkoppelt werden und bietet nur eine geringe Pufferwirkung, da nur fünf Stellplätze vorgesehen sind.

Aufgrund der notwendigen Auffahrungen untertage, der damit verbundenen Kosten (ca. 670.000 €) und der fehlenden Entkopplung soll von einem untertägigen Stellplatz abgesehen werden.

Ein übertägiger Stellplatz ist grundsätzlich denkbar und umsetzbar, allerdings sollte im Bereich des Rankachbachs noch weitere Abstellflächen geschaffen werden und eine Brücke zur Vereinfachung des Verkehrsaufkommens durch An- und Ablieferung der Behälter errichtet werden. Durch die zusätzliche Stellfläche kann die Pufferwirkung und der Grad der Entkopplung erhöht werden.

8.5 Empfehlung

Die spezifischen Rahmenbedingungen des Bergbaubetriebes mit mehreren, voneinander entfernt liegenden Abbaufeldern mit relativ geringer Produktionsrate, das rasche Fortschreiten des Abbaues zur Teufe hin sowie die schlechte Erkundbarkeit der Erzgänge und der damit verbundene kurze Planungshorizont erfordern ein flexibles Fördersystem. Es wird daher grundsätzlich der weitere Einsatz von Gleislosförderung durch LKW empfohlen. Dazu kann das bestehende System weitergeführt werden.

Ein alternatives, auf die Erfordernisse zugeschnittenes, System stellt der Behältertransport dar. Er ermöglicht den Transport auf allen Teilstrecken mit maximaler Zuladung und bietet damit die größten Einsparungen aller betrachteten Varianten, bezogen auf die Betriebsstunden und Anzahl der einzusetzenden Fahrzeuge. Die rechnerische Einsparung beläuft sich auf 36% der Betriebsstunden und entstammt der Umstellung aller Teilstrecken von 16 t auf 25 t Zuladung. Die Einsparung der Betriebsstunden kann nicht direkt auf die Einsparung von Kosten umgelegt werden. Jedoch sind, trotz der Notwendigkeit neue Fahrzeuge anzuschaffen bzw. die derzeitigen Fahrzeuge umzurüsten, günstigere Frachttarife zu erwarten, da die transportierte Masse pro Fahrt erhöht wird. Da für die Umsetzung der übertägigen Umladestation laut derzeitiger Planung nur die Errichtung einer Brücke (ca. 150.000 €) notwendig ist, sind auch die zu tätigen Investitionen in relativ geringem Umfang. Für einen sicheren und zuverlässigen Betriebsablauf sollte aber die Erweiterung der Stellplätze übertage angestrebt werden. Aufgrund der fehlenden Erfahrung sollte ein Testlauf zur Tauglichkeit des Abrollkippsystems unter den Bedingungen im Bergbau erfolgen.

Literaturverzeichnis

- [1] Sachtleben Bergbau: Hauptbetriebsplan 2013-2017
- [2] Sachtleben Bergbau: Firmenpräsentation 2013 V1.0
- [3] Europäisches Parlament und Rat: Verordnung (EG) Nr. 561/2006 vom 15. März 2006
- [4] Deutsches Bundesministerium der Justiz: Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO), 26.04.2012
- [5] Martin, H.: Transport- und Lagerlogistik, Vieweg Verlag, 2006, S. 129-192
- [6] Kessler, F.: Vorlesungsskriptum Stetige Fördersysteme, Montanuniversität Leoben, 2012
- [7] http://www.takraf.com/de/produkte/Lagerplatzsysteme/Schlauchgurtfoerdere_r.htm
- [8] FLSmidth A/S: KOCH pipe conveyor, Produktbroschüre, 2011
- [9] Kurth, F.(Hrsg.): Stetigförderer, VEB Verlag Technik, 1983, S. 350-351
- [10] <http://www.doppelmayr-mts.com/loesungen/ropeconr/>
- [11] <http://www.doppelmayr-mts.com/projekte/>
- [12] <http://www.nessler-zt.at/index.php/sonderbauten/articles/ropecon-berber-cement-sudan.html>
- [13] Bleichert, W. von: Becherwerke, in: Salzer, G. (Hrsg.): Schüttgutförderer, Krauskopfverlag, 1968, S. 111-141
- [14] ContiTech Transportbandsysteme GmbH: Pocketlift, Produktbroschüre, 2004
- [15] Martin, H.: Transport- und Lagerlogistik, Vieweg Verlag, 2006, S. 206
- [16] Reuther, E.-U.: Lehrbuch der Bergbaukunde, VGE Verlag GmbH, 2010, S. 326
- [17] Adam, G.: Schachtförderanlagen, in: Pajer, G. (Hrsg.): Unstetigförderer 1, VEB Verlag Technik, 1989, S. 231-239
- [18] Reuther, E.-U.: Lehrbuch der Bergbaukunde, VGE Verlag GmbH, 2010, S. 453-458; 541
- [19] Kunze, G., Göhring, H., Jacob, K.: Baumaschinen, Erdbau und Tagebaumaschinen, Vieweg Verlag, 2002, S. 257; 349-355
- [20] Manfred Sirch GmbH & Co.KG Apparate- und Behälterbau: Abrollcontainer nach DIN 30722 Typ Halfpipe, Typenblatt, 2010

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lagerstättenmodell der Grube Clara [2]	3
Abbildung 2: Raumbild von Schwerspatgang und Infrastruktur der Grube Clara zwischen 9. und 19.Sohle [2].....	6
Abbildung 3: Aus- und Vorrichtung der Teilsohlen (Grundriss und Querschnitt) [2].....	7
Abbildung 4: Abbausequenz Teilsohlenweitungsbaue (Aufbruch mittels Fächerbohrung, wegfördern des Haufwerks, Erweitern des Abbaus, Versetzen und Nutzung als Arbeitsfläche für die darüber liegende Teilsohle) [1].....	8
Abbildung 5: Beladung der LKW über Rollen [2].....	9
Abbildung 6: LKW-Beladung aus einer Erzrolle auf der 18. Sohle	10
Abbildung 7: Bedienung der pneumatischen Rollenschnäbel auf der 18. Sohle	10
Abbildung 8: LKW-Beladung mittels Radlader auf Teilsohle 18.2	11
Abbildung 9: Transportroute Grube Clara - Aufbereitung Wolfach	12
Abbildung 10: Verfahrensschema Aufbereitung Wolfach [2]	13
Abbildung 11: Halde Schlauch II	14
Abbildung 12: LKW-Beladung in Wolfach für den Rücktransport.....	15
Abbildung 13: Haldenflächen und Zufahrtswege im Rankachtal	16
Abbildung 14: Materialflussschema Roherz (beginnend bei den Teilsohlen in den drei Gängen bis zu den Roherzhalden in Wolfach) und Aufbereitungsabgänge (vom Aufbereitungsgelände in Wolfach auf die Halde Schlauch II oder als Versatz in die Grube).....	18
Abbildung 15: Vergleich der durch Schaufelzählung im Abbau errechneten und der an der Waage erfassten Roherzmenge pro Monat	20
Abbildung 16: Mercedes Benz ACTROS 4148	28
Abbildung 17: Mercedes Benz ACTROS 3348	28
Abbildung 18: Weg-Zeit-Diagramm der Fahrten in der Grube.....	29
Abbildung 19: Verstopftes Rollloch mit angebrachter Sprengladung	35
Abbildung 20: Grundaufbau eines Gummigurtförderers [5].....	39
Abbildung 21: Trassenführung, Trag- und Führungsstation eines Schlauchgurtförderers [8].....	41

Abbildung 22: Schlauchgurtförderer mit bidirektionalem Materialtransport [8]	42
Abbildung 23: Schema einer Zweiseilumlaufbahn [9]	44
Abbildung 24: Stütze und Talstation der ehemaligen Seilbahn der Grube Clara [2].....	45
Abbildung 25: Querschnitt RopeCon® [10]	46
Abbildung 26: RopeCon® Berber Cement Sudan [12].....	47
Abbildung 27: Taschengurt mit innenliegenden Öffnungen (links)[13] Taschengurtförderanlage mit außenliegenden Öffnungen (rechts) [14]	48
Abbildung 28: Fahrlader [2].....	51
Abbildung 29: Sektionen der Förderstrecke mit unterschiedlichen Anforderungen	59
Abbildung 30: Varianten für eine Unterfahrungsrampe aus dem Wolf- oder Rankachtal zur 19. Sohle	65
Abbildung 31: Trassenvarianten kontinuierliche Förderung obertage	68
Abbildung 32: Roherztransport mit Umladung im Rankachtal.....	73
Abbildung 33: Zechenplatz mit ehemaligem Erzbunker	78
Abbildung 34: Ehemaliger Erzbunker mit Zufahrt zur LKW-Rampe	79
Abbildung 35: Bereich vor dem Mundloch der LKW-Rampe	79
Abbildung 36: Bunker- und Brückenstandort.....	80
Abbildung 37: Umladestation untertage zwischen Rankachstollen und Förderrampe	82
Abbildung 38: Umladestation untertage	84
Abbildung 39: Abrollcontainer auf 4-Achs LKW [20]	86
Abbildung 40: Massenströme mit einheitlicher LKW-Flotte.....	87
Abbildung 41: Massenströme mit unterschiedlichen LKW-Bauarten.....	89
Abbildung 42: Massenströme bei Behältertransport	91
Abbildung 43: Vergleich der Varianten für den LKW-Einsatz bezogen auf das derzeitige System.....	100
Abbildung 44: Tagesriss Bergbaugelände Rankachtal	I
Abbildung 45: Rankachstollen.....	II
Abbildung 46: LKW-Rampe, Übertage bis TS 12.2.....	III
Abbildung 47: LKW-Rampe, TS 12.2 bis TS 16.0	IV

Abbildung 48: LKW-Rampe, TS 16.0 bis TS 19.0	V
Abbildung 49: Gelände der Aufbereitung Wolfach	VI
Abbildung 50: Lage möglicher Umladestationen.....	VII

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Produktionszahlen der Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG [2]	2
Tabelle 2: Geometrie und Zusammensetzung der erzführenden Gänge [2]	4
Tabelle 3: Roherzförderung im Jahr 2013 und Berechnung der mittleren Schaufelfüllmenge bei Förderung aus den Abbauen	21
Tabelle 4: Rücktransporte von Aufbereitungsabgängen im Jahr 2013 unterteilt nach Untersuchungszeitraum (Januar bis Juni) und Gesamtmenge .	22
Tabelle 5: Interne Transporte im Jahr 2013 unterteilt nach Untersuchungszeitraum (Januar bis Juni) und Hochrechnung auf Gesamtmenge.....	22
Tabelle 6: Spreng- und Pausenzeiten Grube Clara	23
Tabelle 7: Lenk- und Ruhezeiten [3]	24
Tabelle 8: Fahrzeiten in der Grube	31
Tabelle 9: Fahrzeiten Grube-Aufbereitung.....	32
Tabelle 10: Fahrzeiten Halden	32
Tabelle 11: Zeiten LKW Beladung Roherz	33
Tabelle 12: Systematik möglicher Roherz-Fördersysteme.....	37
Tabelle 13: Vorteile/Nachteile Gummigurtförderer [5]	40
Tabelle 14: Vorteile/Nachteile Schlauchgurtförderer	42
Tabelle 15: Vorteile/Nachteile Materialseilbahn [9]	44
Tabelle 16: Vorteile/Nachteile RopeCon®	47
Tabelle 17: Vorteile/Nachteile Taschengurtförderer [13].....	49
Tabelle 18: Vorteile/Nachteile LHD	51
Tabelle 19: Vorteile/Nachteile LKW [19].....	53
Tabelle 20: Vorteile/Nachteile Gleisförderung	55
Tabelle 21: Vorteile/Nachteile Skip	56
Tabelle 22: Vorteile/Nachteile Rollloch.....	57
Tabelle 23: Bewertungsschema für Systemvergleich	60
Tabelle 24: Vergleich der Fördersysteme	61
Tabelle 25: Vorteile/Nachteile Zwischenhalden	75

Tabelle 26: Vorteile/Nachteile Direktumladung	76
Tabelle 27: Vorteile/Nachteile Umladestation obertage	80
Tabelle 28: Vorteile/Nachteile Umladestation Rankachstollen/LKW-Rampe.....	82
Tabelle 29: Vorteile/Nachteile Umladestation LKW-Rampe	84
Tabelle 30: Vorteile/Nachteile Behältertransport.....	86
Tabelle 31: Kombinationen LKW-Einsatz/Materialumladung	92
Tabelle 32: Streckenlänge, Fahrzeit und Frachttarif für die einzelnen Teilstrecken.....	95
Tabelle 33: Manipulationszeiten für einzelne Prozesse in [min].....	96
Tabelle 34: Kapazitäten der unterschiedlichen Fahrzeugbauarten [t]	96
Tabelle 35: Vergleich der unterschiedlichen LKW-Einsatz-Szenarien auf Jahresbasis	99
Tabelle 36: Investitionskostenvergleich Umladevarianten.....	102
Tabelle 37: Vergleich der Kombinationen (+...gut, ~...neutral, -...schlecht).....	103
Tabelle 38: Transportmengen Januar bis Juni 2013	VIII
Tabelle 39: Aus den Abbauen geförderte LHD-Schaufeln Jan.-Jun. 2013.....	IX
Tabelle 40: LKW-Fahrzeiten	X
Tabelle 41: LKW-Fahrzeiten	XI
Tabelle 42: LKW Fahrzeiten.....	XII
Tabelle 43: Berechnung Einheitliche LKW-Flotte ohne und mit Umladung	XIII
Tabelle 44: Berechnung Zwei LKW-Bauarten mit Umladung und Behältertransport.....	XIV
Tabelle 45: Berechnung Umladevarianten	XV

Abkürzungsverzeichnis

AB	Aufbereitung
GD	Fuhrunternehmen Günter Dieterle
LHD	Schaufelfahrlader (load, haul, dump)
LKW	Lastkraftwagen
LS	Ladestelle
M&F	Müller und Fleig GmbH, Transporte
OT	Obertage
SLKW	Schwerlastkraftwagen
StVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
TS	Teilsohle
TSM	Tonig, schluffige Materialien (Sorte von Aufbereitungsabgängen)
UT	Untertage

Anhang 1: Kartenwerk

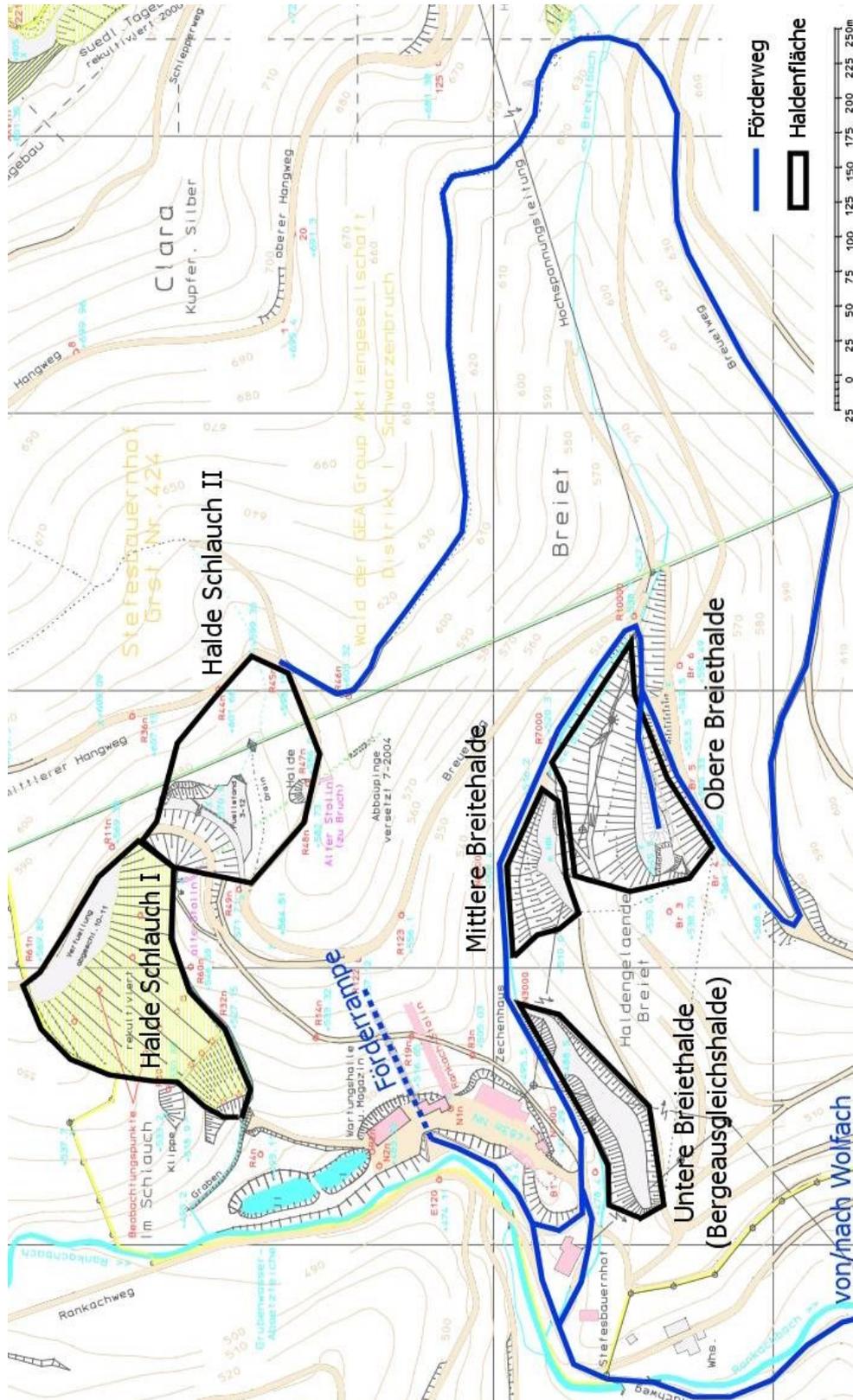
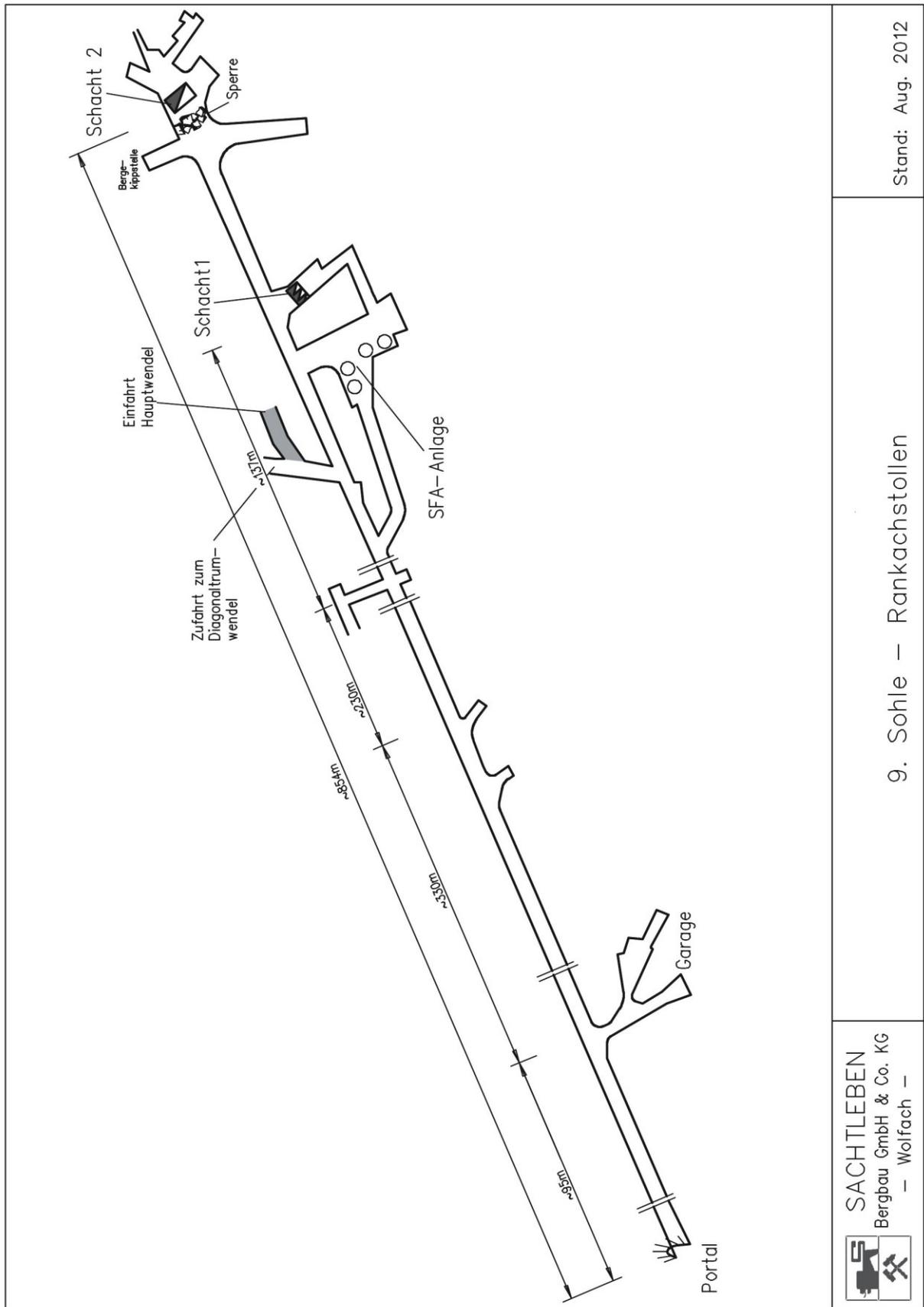


Abbildung 44: Tagesriss Bergbaugelände Rankachtal




SACHTLEBEN
 Bergbau GmbH & Co. KG
 – Wolfach –

9. Sohle – Rankachstollen

Stand: Aug. 2012

Abbildung 45: Rankachstollen

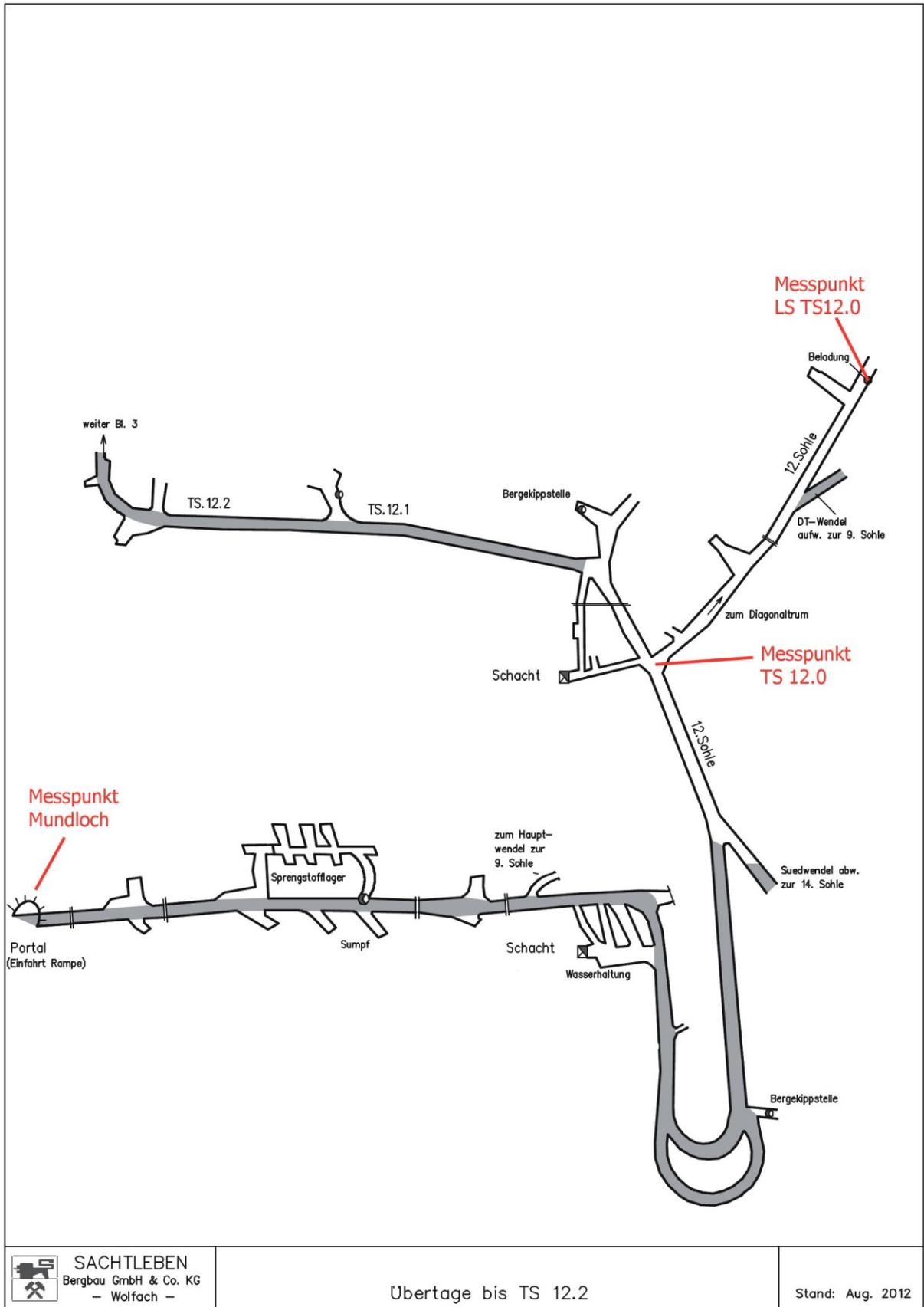


Abbildung 46: LKW-Rampe, Übertage bis TS 12.2

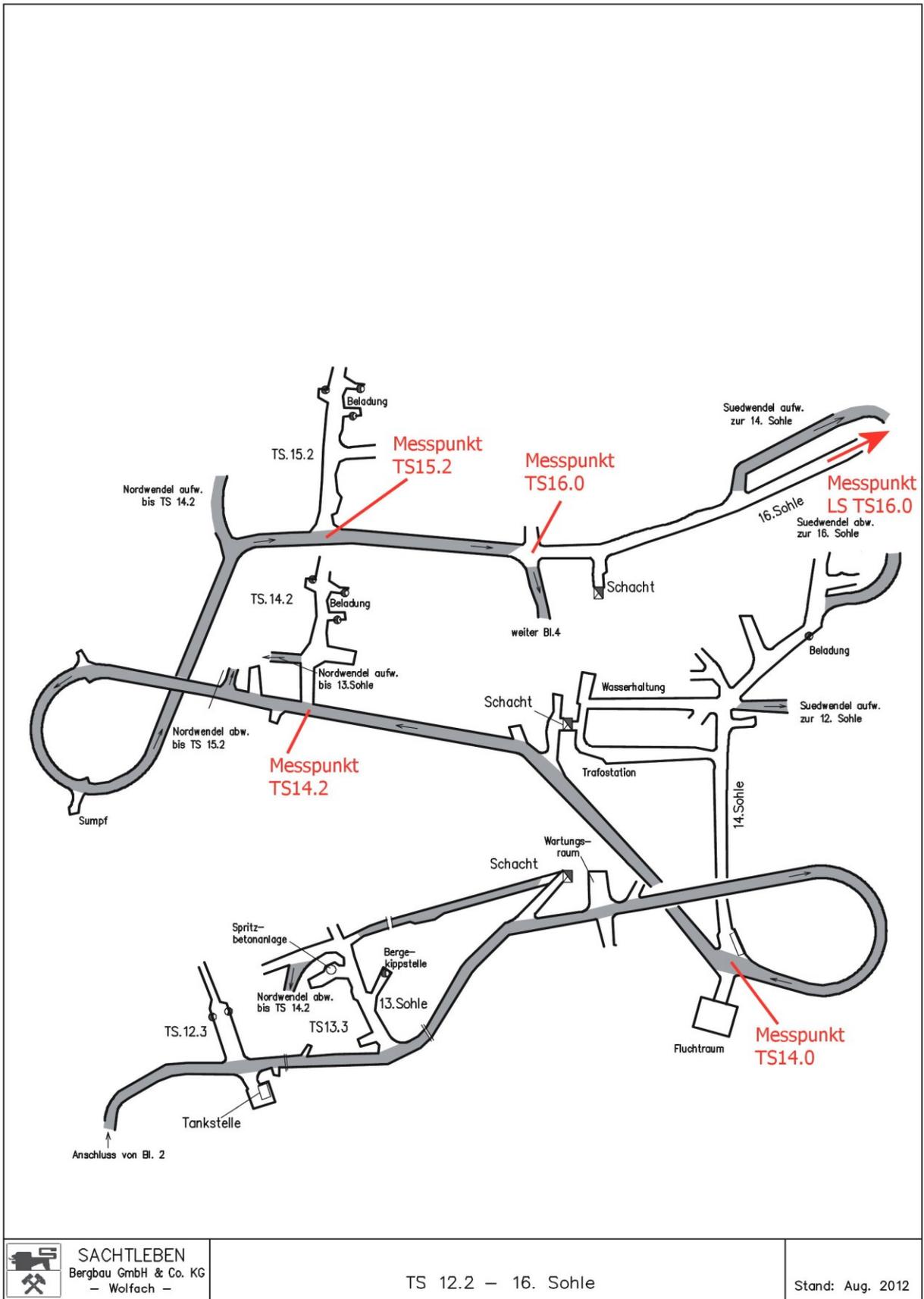


Abbildung 47: LKW-Rampe, TS 12.2 bis TS 16.0

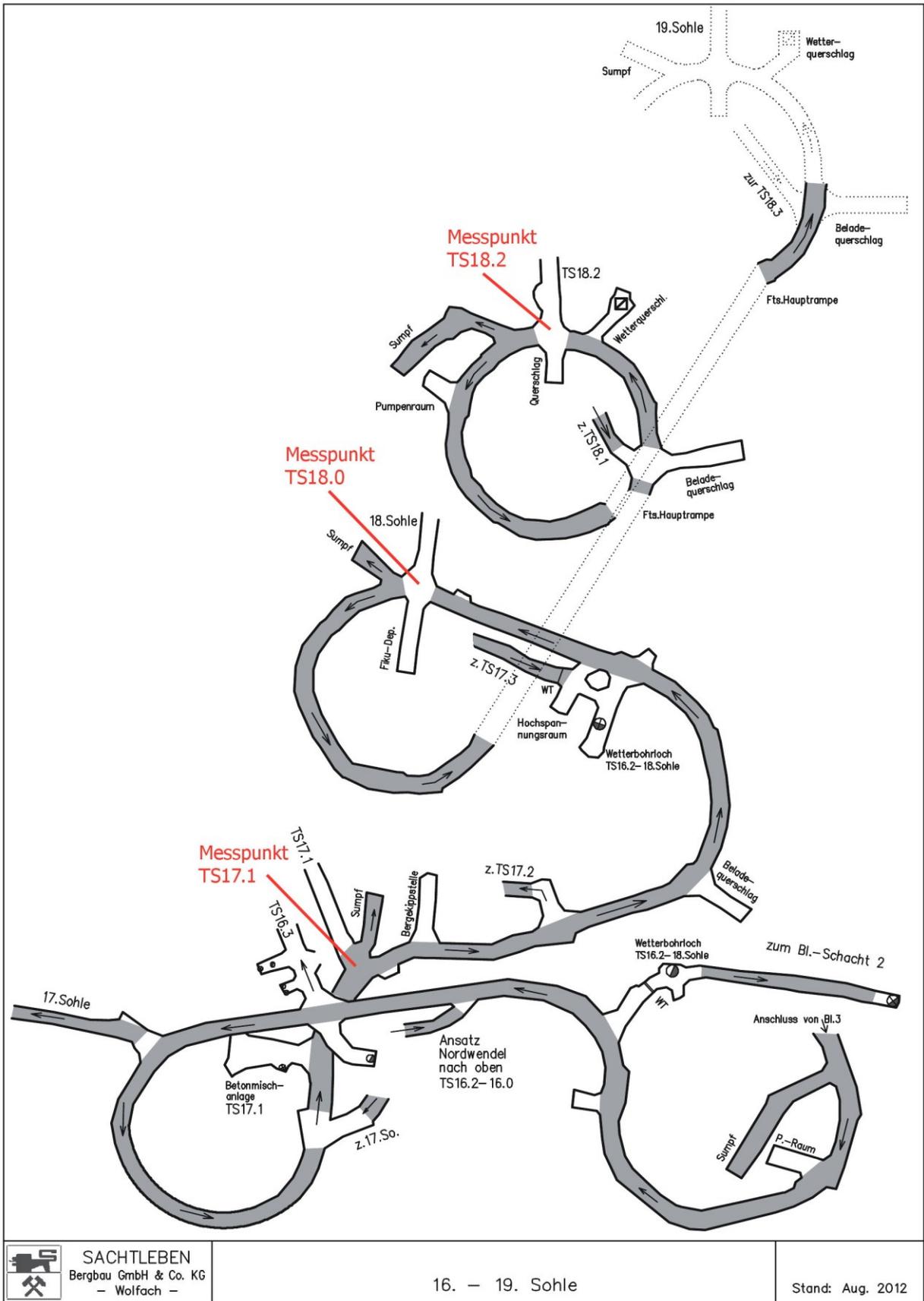


Abbildung 48: LKW-Rampe, TS 16.0 bis TS 19.0

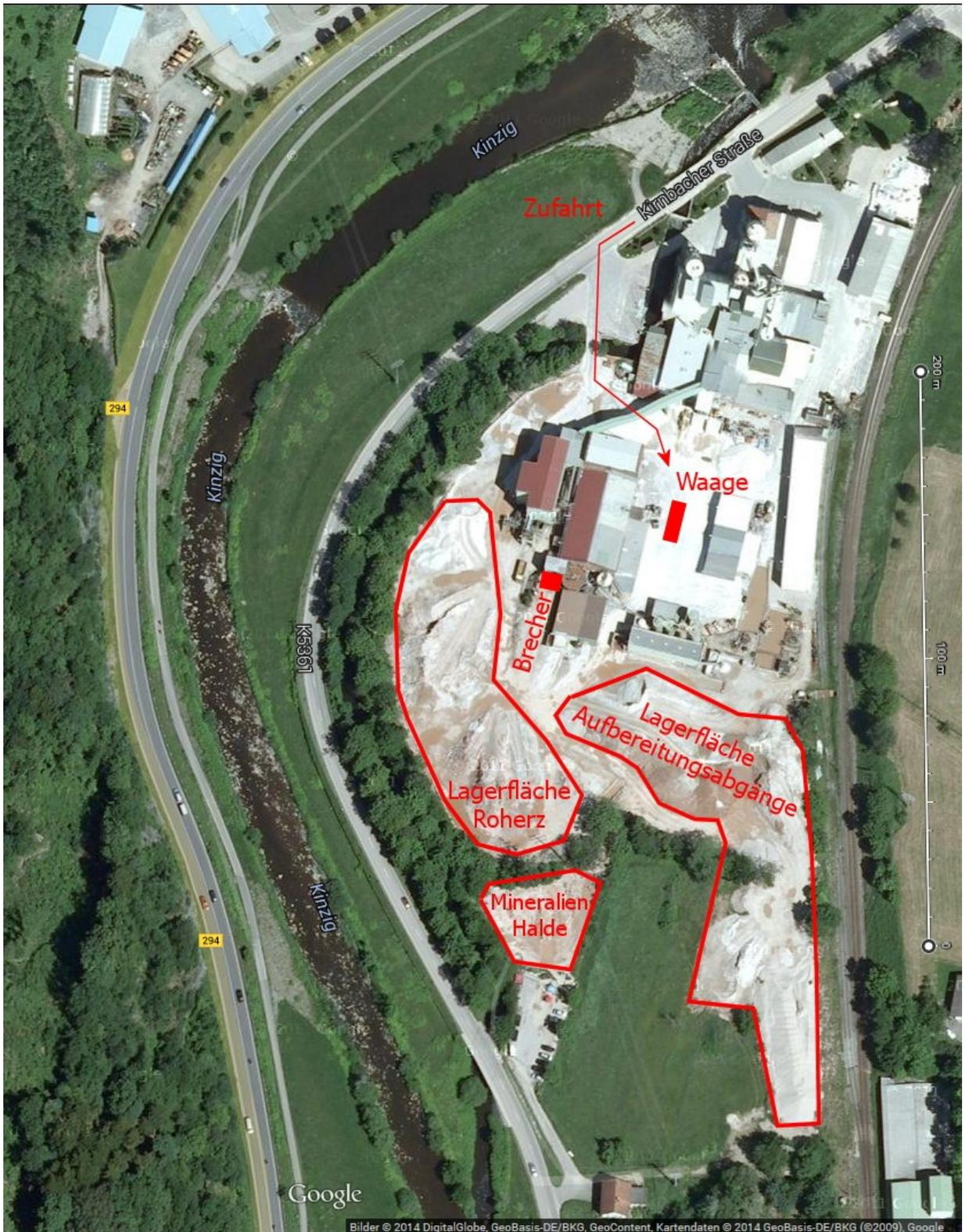


Abbildung 49: Gelände der Aufbereitung Wolfach

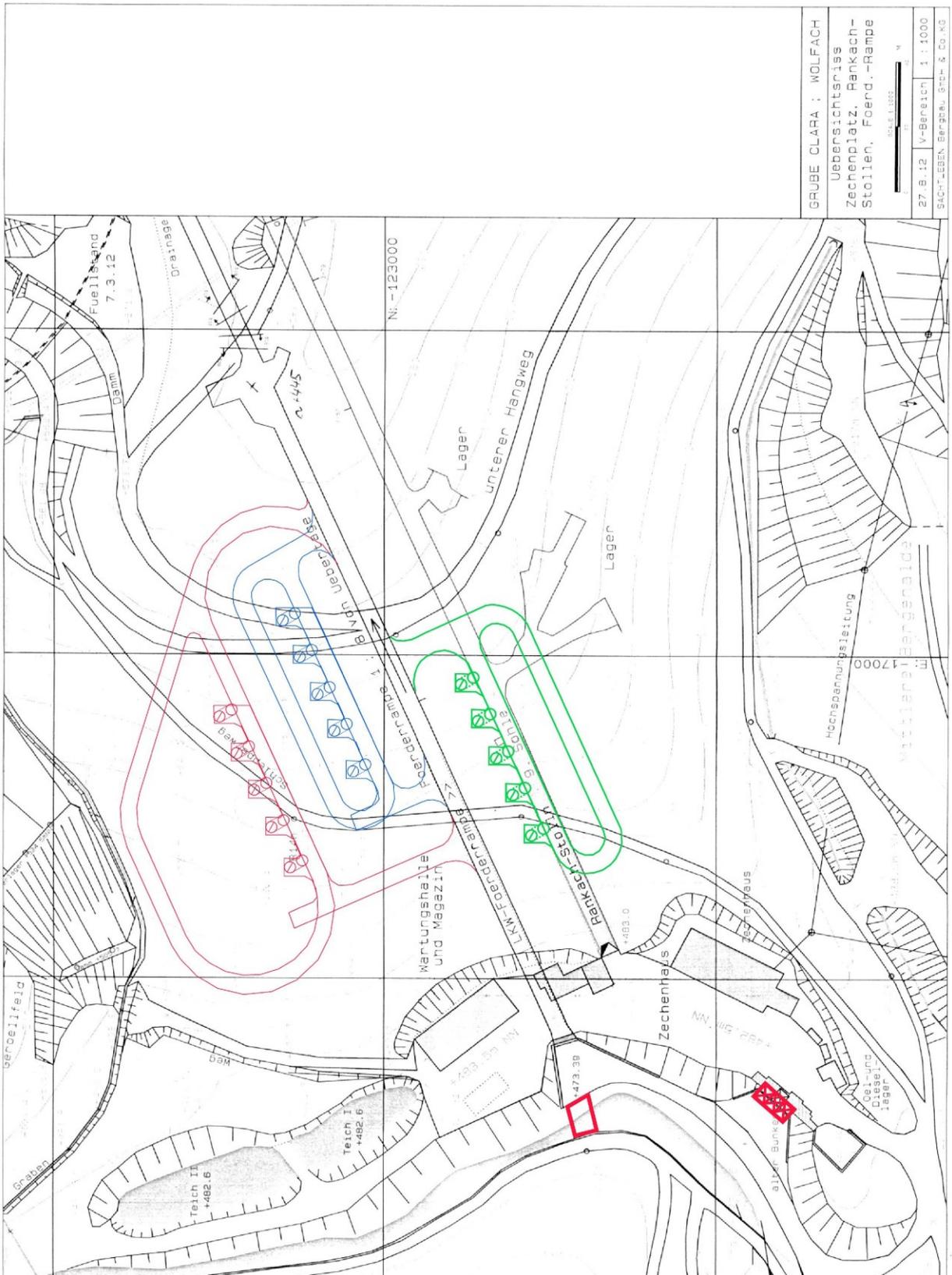


Abbildung 50: Lage möglicher Umladestationen

Anhang 2: Messwerte

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Summe
	[t]						
Erztransport							
Schwerspat UT - AB	8.284	2.292	3.205	3.913	1.502	2.090	21.286
Flussspat UT - AB	5.181	6.966	7.569	5.221	6.920	6.230	38.086
AG-Roherz UT - AB	448	1.572	2.190	2.011	1.309	87	7.618
Mischerz UT - AB	-	4.576	-	682	1.099	2.206	8.564
Summe SS UT - AB	8.732	3.864	5.395	5.924	2.811	2.177	28.904
Summe Erz	13.914	15.406	12.964	11.827	10.830	10.614	75.554
davon 15.2 oder tiefer	11.806	13.964	11.074	11.197	8.496	9.723	66.261
Rücktransport							
AB - Schlauch II (GD)	87	65	1.933	2.666	2.649	2.176	9.577
AB - Schlauch II (M&F)	-	-	-	-	3.279	4.596	7.876
AB - TS11.0/12.0/13.0/ 14.2/u.+o.Halde (M&F)	2.794	1.706	1.109	2.769	1.878	3.361	13.617
Summe Rücktransport	2.881	1.770	3.043	5.435	7.806	10.134	31.069
Interne Transporte							
TS18.1-18.3 - TS17.1	-	-	1.225	-	2.875	2.025	6.125
TS18.1-18.3 - TS15.2	325	-	1.250	1.300	100	1.575	4.550
TS18.1-18.3 - TS14.2	-	350	25	-	-	-	375
TS18.1-18.3 - TS13.0	75	500	-	-	-	-	575
TS18.1-18.3 - untere Halde	5.700	3.400	5.200	4.100	3.950	4.375	26.725
TS18.0 - TS15.2	-	200	-	-	-	500	700
u.+o.Halde - Schlauch II (GD)	-	-	425	1.313	2.271	3.215	7.224
Summe Interne Transporte	6.100	4.450	8.125	6.713	9.196	11.690	46.274

Tabelle 38: Transportmengen Januar bis Juni 2013

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Summe
	[1,75m³]						
Südwendel							
14.3 SS	181	328	231	308	75	109	1.232
15.0 SS	371	200	382	201	155	159	1.468
15.2 SS	232	-	-	-	-	-	232
LS16.0 SS	784	528	613	509	230	268	2.932
Nordwendel							
16.0 FS	-	-	-	562	324	873	1.759
16.1 FS	-	28	301	-	437	-	766
16.2 FS	450	373	124	390	-	-	1.337
16.3 FS	166	-	226	-	-	-	392
17.0 FS	-	-	-	-	255	266	521
17.1 FS	205	53	369	273	87	-	987
17.2 FS	353	547	316	-	-	88	1.304
17.3 FS	64	-	-	-	123	31	218
18.0 FS	276	322	156	57	-	-	811
18.1 FS	49	176	213	320	145	124	1.027
18.2 FS	-	-	-	12	94	172	278
18.3 FS	-	-	-	-	4	81	85
17.0 Misch	-	-	-	-	-	285	285
17.1 Misch	-	110	-	-	102	-	212
17.2 Misch	77	-	-	-	2	390	469
17.3 Misch	107	681	178	824	274	-	2.064
18.1 Misch	113	-	-	-	-	-	113
18.3 Misch	-	-	-	-	-	79	79
14.2 SS	-	-	368	-	600	-	968
14.3 SS	751	-	-	-	-	-	751
16.0 SS	136	-	-	430	-	-	566
16.1 SS	-	460	124	102	-	42	728
16.3 SS	-	-	-	286	-	-	286
17.0 SS	47	59	-	27	62	19	214
17.1 SS	555	-	-	-	-	-	555
17.2 SS	51	143	-	111	79	112	496
17.3 SS	-	-	-	-	37	-	37
18.3 SS	-	-	-	-	18	-	18
Diagonaltrum							
8.0 FS	-	-	-	176	-	-	176
8.1 FS	-	-	333	-	-	6	339
8.2 FS	-	426	91	-	-	-	517
8.3 FS	622	-	-	-	849	-	1.471
8.0 SS	-	-	-	-	-	-	-
8.1 SS	-	-	-	-	-	165	165
8.2 SS	-	-	295	-	-	-	295
8.3 SS	138	-	-	-	-	-	138
Summe	4.944	3.906	3.707	4.079	3.722	3.001	23.359
Summe ≥TS15.2	4.184	3.480	2.988	3.903	2.873	2.830	20.258
Summe SS	2.462	1.190	1.400	1.465	1.026	606	8.149
Summe FS	2.185	1.925	2.129	1.790	2.318	1.641	11.988
Summe Misch	297	791	178	824	378	754	3.222

Tabelle 39: Aus den Abbauen geförderte LHD-Schaufeln Jan.-Jun. 2013

Nr	Datum	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LKW	Ladepunkt	OG-MF535	OG-MF535	OG-MF535	OG-MF516	OG-MF516	OG-MF516	OG-MF516	OG-MF516	OG-MF516	OG-MF516
Halde		TS 18.2	TS 18.2	TS 18.2	TS 18.0	TS 16.0/15.2	TS 17.1	TS 17.1	TS 17.1	TS 17.1	TS 17.1
		Breiet	Breiet	Breiet	Schlauch II	Schlauch II	Breiet	TS 9.0	TS 9.0	Schlauch II	
Waage ab		07:03	08:52	11:14	12:41	15:11	06:39	08:04	09:47	11:11	
Schranken			09:15	11:36	13:02	15:31	07:02	08:22	10:07	11:32	
Breiet an		07:27	09:18	11:39			07:05				
Breiet ab				11:42			07:09				
Schlauch II an					15:37					11:40	
Schlauch II ab					15:41				10:10	11:45	
TS 9.0 an											
TS 9.0 ab											
Mundloch an *1		07:32	09:24	11:45	13:18	15:47	07:11	08:29	10:13	11:50	
Mundloch ein		07:42	10:13	11:45	14:10	15:47	07:11	08:29	10:13	11:50	14:15
LS TS 12.0 an											
LS TS 12.0 ab											
LS TS 16.0 an					15:54						
LS TS 16.0 ab					15:58						
LS TS 17.1 an							07:19	08:35	10:22	11:57	14:23
LS TS 17.1 ab							07:24	08:38	10:25	12:00	14:26
LS TS 18.0 an					14:21						
LS TS 18.0 ab					14:27						
LS TS 18.2 an		07:51	10:22	11:53							
LS TS 18.2 ab		08:05	10:27	11:58		0:11 waschen					
Mundloch aus		08:19	10:40	12:11	14:37	16:20					
Waage an		08:41	11:02	12:32	14:57	16:45	07:34	08:47	10:36	12:10	14:35
Pausenzeit *2						0:04 tanken	06:25	07:53	09:07	10:57	14:55
Waage ab		08:52	11:14		15:11		06:39	08:04	09:47	11:11	15:08

Tabelle 40: LKW-Fahrzeiten

Anmerkungen:

*1 Unterschiedliche Zeiten für ML an/ein wenn eine Pause gemacht wurde oder bei Erledigungen im Betriebsgebäude

*2 Pausenzeit im Bereich der Aufbereitung

Verzögerung wurde von der Fahrzeit abgezogen

Pausenzeit. In Wolfach kann der LKW während der Pausenzeit beladen werden

Nr	Datum	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
LKW	17.07.2013	17.07.2013	17.07.2013	17.07.2013	17.07.2013	17.07.2013	18.07.2013	18.07.2013	18.07.2013	18.07.2013	18.07.2013	18.07.2013
Ladepunkt	OG-MF516	OG-MF516	OG-MF516	OG-MF516	OG-MF516	OG-MF516	OG-MF529	OG-MF529	OG-MF529	OG-MF529	OG-MF529	OG-MF529
Halde	TS 18.0	TS 18.0	TS 18.0	TS 18.0	TS 18.0	TS 17.1	TS 18.0	TS 18.0	TS 18.0	TS 18.0	TS 18.0	TS 18.0
	TS 9.0	Schlauch II	Breiet	Breiet	Breiet							
Waage ab	06:38	07:53	09:46	11:17			06:32	07:58	10:03	11:31		15:18
Schranken	06:57	08:12	10:06	11:37			06:51	08:18	10:25	11:50		15:40
Breiet an										11:51		15:42
Breiet ab										11:53		15:45
Schlauch II an		08:19	11:43				06:57	08:24	10:30			
Schlauch II ab		08:24	11:48				07:01	08:28	10:34			
TS 9.0 an	06:58											
TS 9.0 ab	07:00											
Mundloch an *1	07:02	08:29	10:23	11:54			07:06	08:33	10:40	11:56		15:47
Mundloch ein	07:02	08:29	10:23	11:54		14:13	07:06	08:33	10:40	11:56		15:47
LS TS 12.0 an												
LS TS 12.0 ab												
LS TS 16.0 an												
LS TS 16.0 ab						14:20						
LS TS 17.1 an						14:23						
LS TS 17.1 ab												
LS TS 18.0 an	07:10	08:37	10:31	12:02			07:13	08:44	10:47	12:05		15:55
LS TS 18.0 ab	07:13	08:40	10:34	12:05			07:16	08:46	10:50	12:07		15:59
LS TS 18.2 an												
LS TS 18.2 ab												
Mundloch aus	07:22	08:49	10:44	12:18		14:33	07:26	08:58	10:59	12:17		16:08
Waage an	06:28	07:43	09:09	11:04		14:52	07:47	09:20	11:20			16:29
Pausenzeit *2			00:30					00:30				
Waage ab	06:38	07:53	09:46	11:17		15:03	07:58	10:03	11:31			16:42

Anmerkungen:

*1 Unterschiedliche Zeiten für ML an/ein wenn eine Pause gemacht wurde oder bei Erledigungen im Betriebsgebäude

*2 Pausenzeit im Bereich der Aufbereitung

Pausenzeit. In Wolfach kann der LKW kann während der Pausenzeit beladen werden

Tabelle 41: LKW-Fahrzeiten

Nr	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Datum	19.07.2013	19.07.2013	19.07.2013	19.07.2013	22.07.2013	22.07.2013	22.07.2013	22.07.2013	22.07.2013	31.07.2013
LKW	OG-MF529	OG-MF529	OG-MF529	OG-MF529	OG-MF517	OG-MF517	OG-MF517	OG-MF517	OG-MF517	OG-MF516
Ladepunkt	TS 18.0	TS 18.0	TS 12.0	TS 12.0	TS 12.0	TS 18.2				
Halde	TS 9.0	Breiet	Breiet	Breiet	Schlauch II					
Waage ab	06:29	07:55	09:48	11:22	06:41	08:17	09:46	11:37		
Schranken	06:48	08:16	10:11	11:42	07:01	08:36	10:06	11:57		
Breiet an		08:18	10:12	11:44						
Breiet ab		08:20	10:15	11:47						
Schlauch II an					07:07	08:42	10:12	12:03		
Schlauch II ab					07:11	08:46	10:16	12:07		
TS 9.0 an	06:52									
TS 9.0 ab	06:54									
Mundloch an *1	06:57	08:22	10:19	11:49	07:16	08:51	10:21	12:12		
Mundloch ein	06:57	08:22	10:19	11:49	07:16	08:51	10:51			10:08
LS TS 12.0 an							10:54		14:15	
LS TS 12.0 ab							10:58		14:18	
LS TS 16.0 an									14:22	
LS TS 16.0 ab										
LS TS 17.1 an										
LS TS 17.1 ab										
LS TS 18.0 an	07:05	08:30	10:28	11:57	07:27	09:00				10:23
LS TS 18.0 ab	07:11	08:37	10:40	12:14	07:31	09:04				10:27
LS TS 18.2 an										10:40
LS TS 18.2 ab										
Mundloch aus	07:20	08:46	10:50	12:26	07:43	09:14	11:03		14:28	
Waage an	07:41	09:07	11:12		06:20	08:02	09:34	11:23		
Pausenzeit *2		00:30								
Waage ab	07:55	09:48	11:22		06:41	08:17	09:46	11:37		

Anmerkungen:

*1 Unterschiedliche Zeiten für ML an/ein wenn eine Pause gemacht wurde oder bei Erledigungen im Betriebsgebäude

*2 Pausenzeit im Bereich der Aufbereitung

Pausenzeit: In Wolfach kann der LKW während der Pausenzeit beladen werden

Tabelle 42: LKW Fahrzeiten

Anhang 3: Berechnungen

	Basisdaten						Rechnung nach Frachttarif		Rechnung nach LKW-Fahrten			Rechnung nach LKW-Stunden			
	Strecke [km]	Fahrzeit [min]	Manipulation [min]	Masse [t]	Zuladung [t/LKW]	Kosten [€/t]	Kosten [€]	Fahrten [LKW]	Fahrten pro Werktag [LKW]	Fahrtstrecke [km]	Fahrzeiten [h]	Nebenzeiten [h]	Zeitaufwand [h]	Erf. LKW [-]	
4-Achs-LKW Gesamstrecke	19,370	30,5	4,5	150.000	16	5,70	855.000	9.375	39	181.594	4.766	703	5.469	2,85	
4-Achs-LKW Grubenintern	19,370	29,5	7,5	20.000	16	2,85	57.000	5.000	21	96.850	2.458	625	3.083	1,61	
4-Achs-LKW Straßennetz	19,070	29,5	12,5	20.000	16	3,10	155.000	1.250	5	23.838	615	260	875	0,46	
Planrechnung bei Fortführen der bestehenden Förderung	0,300	1	2	50.000	16	3,10	155.000	1.250	5	375	21	42	63	0,03	
Rohertz Ladestelle-Aufbereitung	17,600	26,5	15	4	16	3,10	155.000	3.125	13	55.000	1.380	651	2.031	1,06	
Leerfahrt Aufbereitung-Halde	5,970	15	4	4	16	3,10	155.000	3.125	13	18.656	781	208	990	0,52	
Summe							1.067.000	18.750	39	376.313	10.021	2.490	12.510	6,52	
Summe Rohertz								9.375	39						
Summe Rücktransport								4.375	18						
Summe Leer								5.000	21	115.881					
Planrechnung bei Errichtung einer Umladestation mit einheitlicher LKW-Flotte															
Rohertz Ladestelle-Aufbereitung	19,370	30,5	4,5	20.000	16	5,70	114.000	1.250	5	24.213	635	94	729	0,38	
Berge Aufbereitung-Bergekippstellen	19,070	29,5	12,5	20.000	16	2,85	57.000	1.250	5	23.838	615	260	875	0,46	
Leerfahrt Bergekippstellen-Ladestelle	0,300	1	2	130.000	25	2,50	325.000	1.250	5	375	21	42	63	0,03	
Rohertz Umladestation-Ladestelle	3,870	10	4,5	130.000	25	2,50	325.000	5.200	22	20.124	867	390	1.257	0,65	
Leerfahrt Umladestation-Ladestelle	3,870	9	2	130.000	25	2,50	325.000	5.200	22	20.124	780	173	953	0,50	
Rohertz Umladestation-Aufbereitung	15,500	20,5	5	130.000	16	2,60	338.000	8.125	34	125.938	2.776	677	3.453	1,80	
Leerfahrt Aufbereitung-Umladestation	15,500	20,5	7,5	50.000	16	3,10	155.000	5.000	21	77.500	1.708	625	2.333	1,22	
Berge Aufbereitung-Halde	17,600	26,5	15	4	16	3,10	155.000	3.125	13	55.000	1.380	651	2.031	1,06	
Leerfahrt Halde-Umladestation	2,100	6	4	4	16	3,10	155.000	3.125	13	6.563	313	208	521	0,27	
Summe							989.000	18.750	39	353.673	9.095	3.121	12.215	6,36	
Summe Rohertz								9.375	39						
Summe Rücktransport								4.375	18						
Summe Leer								5.000	21	104.562					

Tabelle 43: Berechnung Einheitliche LKW-Flotte ohne und mit Umladung

	Basisdaten						Rechnung nach Frachttarif		Rechnung nach LKW-Fahrten			Rechnung nach LKW-Stunden			
	Strecke [km]	Fahrzeit [min]	Manipulation [min]	Masse [t]	Zuladung [t/LKW]	Kosten [€/t]	Kosten [€]	Fahrten pro Werktag [LKW]	Fahrtsrecke [km]	Fahrzeiten [h]	Nebenzeiten [h]	Zeitaufwand [h]	Erf. LKW [-]		
														Fahrten [LKW]	Fahrten [h]
4-Achs-LKW Gesamtstrecke	3,870	10	4,5	80.000	25	2,50	200.000	13	12.384	533	240	773	0,40		
4-Achs-LKW Grubenintern	3,870	9	2	80.000	25	2,60	208.000	13	12.384	480	107	587	0,31		
5-Achs-LKW Straßennetz	15,500	20,5	5	80.000	25	3,10	247.500	8	49.600	1.093	267	1.360	0,71		
Planrechnung bei Errichtung einer Umladestation mit unterschiedlichen LKW-Bauarten	15,500	20,5	7,5	70.000	16	5,70	399.000	13	49.600	1.093	400	1.493	0,78		
Roherz Ladestelle-Umladestation	19,370	30,5	4,5	70.000	16	3,10	155.000	13	84.744	2.224	328	2.552	1,33		
Roherz Umladung-Aufbereitung	17,600	26,5	12,5	50.000	16	2,85	142.500	13	55.000	1.380	651	2.031	1,06		
Roherz Ladestelle-Aufbereitung	5,970	15	4	20.000	25	2,60	52.000	3	18.656	781	208	990	0,52		
Berge Aufbereitung-Halde	19,070	29,5	12,5	20.000	16	2,85	57.000	5	23.838	615	260	875	0,46		
Berge Aufbereitung-Bergekippstellen	0,300	1	2	20.000	25	2,85	57.000	5	375	21	42	63	0,03		
Berge Aufbereitung-Bergekippstellen-Ladestelle															
Summe							1.019.000	15.150	306.581	8.221	2.503	10.724	5,59		
Summe Roherz							7.575	32							
Summe Rücktransport							4.375	18							
Summe Leer							3.200	13	81.015						
Summe 4-Achs-LKW									207.381			7.870	4,10		
Summe 5-Achs-Sattelzug									99.200			2.853	1,49		
Planrechnung bei Behältertransport															
Roherz Ladestelle-Umladung	3,870	10	4,5	150.000	25	2,50	375.000	25	23.220	1.000	450	1.450	0,76		
Roherz Umladung-Ladestelle	3,870	9	6	150.000	25	2,50	375.000	13	12.384	480	320	800	0,42		
Berge Umladung-Halde	2,100	6	6	50.000	25	3,10	155.000	8	4.200	200	200	400	0,21		
Roherz Umladung-Halde	5,970	15	4	20.000	25	2,85	57.000	8	11.940	500	133	633	0,33		
Berge Umladung-Bergekippstelle	3,570	9	6	20.000	25	2,85	57.000	3	2.856	120	80	200	0,10		
Roherz Umladung-Bergekippstelle	0,300	1	2	20.000	25	2,85	57.000	3	240	13	27	40	0,02		
Roherz Umladung-Aufbereitung	15,500	20,5	6	150.000	25	2,60	390.000	25	93.000	2.050	600	2.650	1,38		
Roherz Umladung-Aufbereitung	15,500	20,5	7,5	150.000	25	2,60	390.000	13	49.600	1.093	400	1.493	0,78		
Berge Umladung-Aufbereitung	15,500	20,5	12,5	70.000	25	2,85	199.500	12	43.400	957	583	1.540	0,80		
Summe							977.000	12.000	240.840	6.413	2.793	9.207	4,80		
Summe Roherz							6.000	25							
Summe Rücktransport							2.800	12							
Summe Leer							3.200	13	74.164						
Summe 4-Achs-LKW									54.840			3.523	1,84		
Summe 5-Achs-Sattelzug									186.000			5.683	2,96		

Tabelle 44: Berechnung Zwei LKW-Bauarten mit Umladung und Behältertransport

