

Feasibility-Studie über die Einführung eines alternativen Fördersystems im Zuge einer Erweiterung im Steinbruch Bleiberg Kreuth

Diplomarbeit

Durchgeführt bei Mineral Abbau GmbH
Bleiberg/Kreuth

Vorgelegt von

Andreas Zink

im November 2006

Betreuer:

Dipl.-Ing. Andreas Grasedieck
Mineral Abbau GmbH

Begutachter:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Franz Kessler
Leiter des Lehrstuhls für Fördertechnik und Konstruktionslehre



Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides Statt, dass die vorgelegte Diplomarbeit von mir selbstständig und nur unter Verwendung der angeführten Literatur verfasst wurde.

Leoben, am 19. November 2006

Andreas Zink





Widmung

Gewidmet

Meiner Familie

für die Jahre der Unterstützung



Danksagung

Für die freundliche Unterstützung bedanke ich mich bei folgenden Personen:

Herrn Prof. Franz Kessler, MU Leoben

Herrn Andreas Grasedieck, Mineral Abbau GmbH

Herrn Gerd Moretti, Mineral Abbau GmbH

Herrn Andreas Oberrauner, Mineral Abbau GmbH

Herrn Hans-Peter Altersberger, Mineral Abbau GmbH



0	ABSTRAKT	10
1	EINLEITUNG UND HINTERGRUND	11
1.1	AUFGABENSTELLUNG	11
1.2	RAHMENBEDINGUNGEN	11
2	DER TAGEBAU BLEIBERG / KREUTH	12
2.1	ALLGEMEINES	12
2.1.1	BETRIEBLICHE KENNZAHLEN	13
2.1.2	LAGE DES TAGEBAUS	14
2.2	ABBAU UND FÖRDERUNG	14
2.2.1	ABBAU	14
2.2.2	FÖRDERUNG	18
2.3	AUFBEREITUNG	21
2.4	ENDPRODUKTE	22
2.5	ANALYSE DES FÖRDSYSTEMS BAGGER – MULDENKIPPER	23
2.5.1	SYSTEM HYDRAULIKBAGGER – VOLLBESATZUNG	24
2.5.1.1	Oberste Etage	25
2.5.1.2	Mittlere Etage	26
2.5.1.3	Unterste Etage	26
2.5.2	SYSTEM HYDRAULIKBAGGER – TEILBESATZUNG	27
2.5.2.1	Oberste Etage	27
2.5.2.2	Mittlere Etage	28
2.5.2.3	Unterste Etage	28
2.5.3	SYSTEM RADLADER - SCHACHT	29
2.6	SYSTEM MULDENKIPPER, HYDRAULIKBAGGER, RADLADER FÜR DIE ERWEITERUNG	30
2.6.1	ERZIELBARE FÖRDERLEISTUNGEN	33
2.6.1.1	System Hydraulikbagger Liebherr 964 mit Muldenkipper - Vollbesatzung	34
2.6.1.2	System Hydraulikbagger Liebherr 964 mit Muldenkipper - Teilbesatzung	35
2.6.1.3	System Radlader Liebherr 586 mit Muldenkipper - Vollbesatzung	36
2.6.1.4	System Radlader Liebherr 586 mit Muldenkipper - Teilbesatzung	36
2.6.2	ANSCHAFFUNGSKOSTEN IM ÜBERBLICK	37
2.6.3	ERMITTLUNG DER BETRIEBSKOSTEN DER MASCHINEN	38
2.6.4	BETRIEBSKOSTEN IM ÜBERBLICK	39
2.6.4.1	System Hydraulikbagger – Vollbesatzung	39



2.6.4.2	System Hydraulikbagger – Teilbesatzung	39
2.6.4.3	System Radlader – Vollbesatzung	40
2.6.4.4	System Radlader – Teilbesatzung	40
2.6.5	SYSTEM HYDRAULIKBAGGER LIEBHERR 964 MIT CAT 771D	40
2.6.5.1	Förderung mit 2 Stk. CAT 771D - Vollbesatzung	41
2.6.5.2	Förderung mit 2 Stk. CAT 771D – Teilbesatzung	42
2.6.5.3	Förderung mit 3 Stk. CAT 771D - Vollbesatzung	43
2.6.5.4	Förderung mit 4 Stk. CAT 771D - Vollbesatzung	44
2.6.6	SYSTEM HYDRAULIKBAGGER LIEBHERR 964 MIT CAT 775F	45
2.6.6.1	Förderung mit 2 Stk. CAT 775F - Vollbesatzung	45
2.6.6.2	Förderung mit 2 Stk. CAT 775F - Teilbesatzung	46
2.6.6.3	Förderung mit 3 Stk. CAT 775F - Vollbesatzung	47
2.6.7	SYSTEM HYDRAULIKBAGGER LIEBHERR 964 MIT CAT 777D	48
2.6.7.1	Förderung mit 2 Stk. CAT 777D - Vollbesatzung	48
2.6.7.2	Förderung mit 2 Stk. CAT 777D – Teilbesatzung	49
2.6.8	SYSTEM HYDRAULIKBAGGER LIEBHERR 964 MIT CAT 775F & CAT 777D	50
2.6.8.1	Förderung mit CAT 775F & CAT 777D - Vollbesatzung	50
2.6.8.2	Förderung mit CAT 775F & CAT 777D - Teilbesatzung	51
2.6.9	SYSTEM RADLADER LIEBHERR 586 MIT CAT 771D	52
2.6.9.1	Förderung mit 2 Stk. CAT 771D - Vollbesatzung	52
2.6.9.2	Förderung mit 2 Stk. CAT 771D - Teilbesatzung	53
2.6.9.3	Förderung mit 3 Stk. CAT 771D - Vollbesatzung	54
2.6.9.4	Förderung mit 4 Stk. CAT 771D - Vollbesatzung	55
2.6.10	SYSTEM RADLADER LIEBHERR 586 MIT CAT 775F	56
2.6.10.1	Förderung mit 2 Stk. CAT 775F - Vollbesatzung	56
2.6.10.2	Förderung mit 2 Stk. CAT 775F – Teilbesatzung	57
2.6.10.3	Förderung mit 3 Stk. CAT 775F - Vollbesatzung	58
2.6.11	SYSTEM RADLADER LIEBHERR 586 MIT CAT 777D	59
2.6.11.1	Förderung mit 2 Stk. 777D - Vollbesatzung	59
2.6.11.2	Förderung mit 2 Stk. 777D – Teilbesatzung	60
2.6.11.3	Förderung mit 3 Stk. 777D – Vollbesatzung	61
2.6.12	SYSTEM RADLADER LIEBHERR 586 MIT CAT 775F & CAT 777D	62
2.6.12.1	Förderung mit CAT 775F & CAT 777D - Vollbesatzung	62
2.6.12.2	Förderung mit CAT 775F & CAT 777D – Teilbesatzung	63
2.7	WEGEAUSBAU	64



2.7.1	KOSTEN FÜR DEN WEGEAUSBAU	65
3	<u>ALTERNATIVE FÖRDERSYSTEME IM TAGEBAU BLEIBERG – KREUTH</u>	66
4	<u>MATERIALSTANDSEILBAHN</u>	68
4.1	BETRIEB MIT PENDELNDEN FÖRDERWAGEN	68
4.1.1	TECHNISCHE BESCHREIBUNG	68
4.1.1.1	Technische Daten	68
4.1.1.2	Bestimmung der Fahrzeiten	69
4.1.2	BELADUNG	71
4.1.2.1	Radlader im Load & Carry - Betrieb	71
4.1.2.2	Beladestation	71
4.1.3	ANTRIEBSSYSTEM	74
4.1.3.1	Allgemeines	74
4.1.3.2	Treibscheibe	76
4.1.3.3	Getriebe	76
4.1.3.4	Bremssystem	77
4.1.4	GLEISANLAGE	79
4.1.4.1	Trasse	79
4.1.4.2	Zugängigkeit der Etagen	82
4.1.4.3	Schienenführung	83
4.1.4.4	Seil	85
4.1.4.5	Seilführung	87
4.1.5	FÖRDERWAGEN	91
4.1.5.1	Förderwagen	91
4.1.6	ENTLADESTATION	94
4.1.7	FUNKTION DER ANLAGE	96
4.1.8	EIGENSCHAFTEN DER ANLAGE	97
4.1.9	INVESTITIONSKOSTEN	98
4.1.9.1	Antrieb – Elektrische Ausrüstung	98
4.1.9.2	Antrieb – Mechanische Ausrüstung	99
4.1.9.3	Trasse	100
4.1.9.4	Förderwagen	102
4.1.9.5	Entladestation	103
4.1.9.6	Sonstiges	104
4.1.10	BELADUNG	105



4.1.11	BETRIEBSKOSTEN	105
4.1.11.1	Betriebskosten Radlader	106
4.1.11.2	Betriebskosten Materialstandseilbahn	107
4.1.11.1	Stromersparnis	108
4.2	BETRIEB MIT FÖRDERWAGEN UND GEGENGEWICHT	109
4.2.1	TECHNISCHE BESCHREIBUNG	109
4.2.1.1	Technische Daten	109
4.2.1.2	Bestimmung der Fahrzeiten	110
4.2.2	BELADUNG	113
4.2.2.1	Radlader im Load & Carry - Betrieb	113
4.2.2.2	Beladestation	113
4.2.3	ANTRIEBSSYSTEM	115
4.2.3.1	Allgemeines	115
4.2.3.2	Treibscheibe	117
4.2.3.3	Getriebe	117
4.2.3.4	Bremssystem	118
4.2.4	GLEISANLAGE	120
4.2.4.1	Trasse	120
4.2.4.2	Zugängigkeit der Etagen	124
4.2.4.3	Schienenführung	125
4.2.4.4	Seil	126
4.2.4.5	Seilführung	127
4.2.5	FÖRDERWAGEN UND GEGENGEWICHT	130
4.2.5.1	Förderwagen	130
4.2.5.2	Gegengewicht	133
4.2.6	ENTLADESTATION	135
4.2.7	FUNKTION DER ANLAGE	136
4.2.8	EIGENSCHAFTEN DER ANLAGE	137
4.2.9	INVESTITIONSKOSTEN	138
4.2.9.1	Antrieb – Elektrische Ausrüstung	138
4.2.9.2	Antrieb – Mechanische Ausrüstung	139
4.2.9.3	Trasse	140
4.2.9.4	Förderwagen	142
4.2.9.5	Gegengewicht	143
4.2.9.6	Entladestation	143



4.2.9.7	Sonstiges	144
4.2.10	BELADUNG	145
4.2.11	BETRIEBSKOSTEN	145
4.2.11.1	Betriebskosten Radlader	147
4.2.11.2	Betriebskosten Materialstandseilbahn	147
4.2.11.3	Stromersparnis	149
5	<u>VERGLEICH UND ZUSAMMENFASSUNG</u>	150
6	<u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	152
7	<u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</u>	153

0 Abstrakt

Als alternatives Fördersystem für Bergbaubetriebe sind Materialstandseilbahnen eher unkonventionell. Standseilbahnen sind hauptsächlich im Bereich des Personentransports im urbanen und alpinen Bereich gebräuchlich. Auf diesem Sektor sind diese Fördermittel eine bewährte und oftmals verwendete Methode, um große Höhenunterschiede zu überwinden.

Seltener werden Standseilbahnen für Schüttgutbeförderung verwendet, in diesem Fall aber stellt dieses Fördermittel eine Möglichkeit dar, die den Anforderungen am besten gerecht wird.

Technische Eigenschaften

Eine Materialstandseilbahn ist ein an Schienen gebundenes Fördermittel, welches aus einem oder mehreren Förderwagen besteht und mittels Seilen einen Berg hinaufgezogen wird.

In diesem Fall erfolgt eine Umkehr des Prinzips, die Förderung des Gutes erfolgt talwärts.

Die beiden betrachteten Prinzipien sind dabei ein Betrieb mit einem Förderwagen mit Gegengewicht sowie ein Betrieb mit 2 Förderwagen, die abhängig voneinander pendelnd verkehren.

Die technische Ausarbeitung und Anlagenplanung stellt in Kombination mit einer Betrachtung der erwarteten Kosten das Ziel dieser Arbeit dar.

Wirtschaftliche Eigenschaften

Eine wirtschaftliche Bewertung abgeben zu können ist schwierig, weil eine detaillierte Aufstellung der anfallenden Kosten in diesem Rahmen nicht möglich ist. Es können nur Anhaltswerte und Abschätzungen getroffen werden, die an die vorangegangenen technischen Überlegungen angelehnt sind.



Aber eine Tendenz zum Positiven ist generell erkennbar. Im Vergleich mit dem momentan verwendeten Fördersystem zeigt sich ein Vorteil bei den Betriebskosten.

Auswahl eines alternativen Fördersystems

Aufgrund der Ergebnisse ist erkennbar, dass eine Materialstandseilbahn grundsätzlich ein günstigeres Fördermittel darstellt als der derzeitige Betrieb mit Muldenkippern. Darunter ist die Seilbahn mit pendelnden Förderwagen zwar technisch komplexer und gestaltet sich in der Anschaffung etwas kostenintensiver, ist aber auf Dauer gesehen mit den zugehörigen, kleineren Belademaschinen als komplettes System eine günstigere Lösung als ein Betrieb mit Förderwagen und Gegengewicht.

1 Einleitung und Hintergrund

1.1 Aufgabenstellung

Im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit sollen im Zuge einer Abbauerweiterung im Diabas-Steinbruch Bleiberg-Kreuth der Firma Mineral Abbau GmbH Alternativen und Variantenüberlegungen zum bestehenden konventionellen Fördersystem „Bagger - Schwerlastkraftwagen“ getätigt werden und deren Sinnhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit überprüft werden. Die ausschlaggebenden Punkte für den geplanten Wechsel des Fördersystems sind die geplante Nord-West-Erweiterung des Steinbruchs, die ständig steigenden Betriebskosten (speziell die Energiekosten) des bestehenden Systems und andererseits der zu überwindende Höhenunterschied von mehr als 100 m auf relativ engem Raum. Für die Überlegungen des neuen Fördersystems stellt sich zusätzlich die Problematik, dass der Einsatz des bestehenden ortsfesten, nicht mobilen Backenbrechers erhalten bleiben soll.

1.2 Rahmenbedingungen

Folgende Vorgaben und Bedingungen wurden seitens der Firma Mineral Abbau GmbH gestellt.

- Die derzeitige Produktivität von rund 600.000 Tonnen/Jahr soll erhalten bleiben
- Umstellung der Produktion von 2-Schichtbetrieb (2 Schichten á 8 Stunden) auf 1-Schichtbetrieb (1 Schicht á 10 Stunden, 5 Tage die Woche) bei einhalten der oben genannten Produktivität
- Auslegung des Fördersystems auf eine mittlere Brecherleistung von 550 Tonnen/Stunde
- Materialschüttdichte des Haufwerkes von 1.65 – 1.7 Tonnen/m³
- Maximale Stückgutgröße etwa 1 m³ bei maximalen Abmessungen von etwa 1.5 m

2 Der Tagebau Bleiberg / Kreuth

2.1 Allgemeines

Das Diabas-Hartsteinwerk „Jakoministeinbruch“ (Abb. 1) ist nahe der Ortschaft Bleiberg-Kreuth in Kärnten (Österreich) gelegen. Seit 1992 wird hier Hartgestein im Tagebau durch die Firma Mineral Abbau GmbH gewonnen, aufbereitet und in die Region Alpen-Adria verkauft, jedoch wurde der Abbau bereits 25 Jahre vor der Firmenübernahme von verschiedenen Betreibern geführt. Verwendung findet das im „Jakoministeinbruch“ erzeugte Material als Verschleißdecke für den Straßen- und sonstigen Verkehrswegebau, den Wasserbau, zur Herstellung von Mineralwolle als Dämmstoff und für viele weitere Einsatzgebiete im Bereich des Bauwesens. Hauptproduktionszeit ist von März bis November, im Februar beginnt die Vorproduktion.



Abb. 1: Tagebau Bleiberg - Kreuth

2.1.1 Betriebliche Kennzahlen

- Reserven noch nicht vollständig erschlossen
- Abbaufverfahren Mehretagenabbau
- Produktivität ca. 500.000 Tonnen / Jahr (vgl. Abb. 3)
- Areal 6 Hektar
- Beschäftigte 30, davon 6 Angestellte und 24 Arbeiter
(Muldenkipperfahrer, Baggerfahrer, Sprenger, Bohrer, Schlosser, Betriebsmechaniker, Betriebselektriker)
- Arbeitszeit in der Regel 2-Schichtig á 8 Stunden (6-14 & 14-22 Uhr)

2.1.2 Lage des Tagebaus

Der Betrieb der Firma Mineral Abbau GmbH befindet sich etwa 10 km westlich der Stadt Villach / Kärnten (Abb. 2). Der Tagebau erstreckt sich über eine Seehöhe von 765 m bis 930 m und ist östlich durch die Bleiburger Landesstrasse bzw. Nötschbach begrenzt. Die Breite der Etage beträgt im Mittel etwa 320m. Zukünftig ist eine Erweiterung Richtung Nord-Ost geplant.

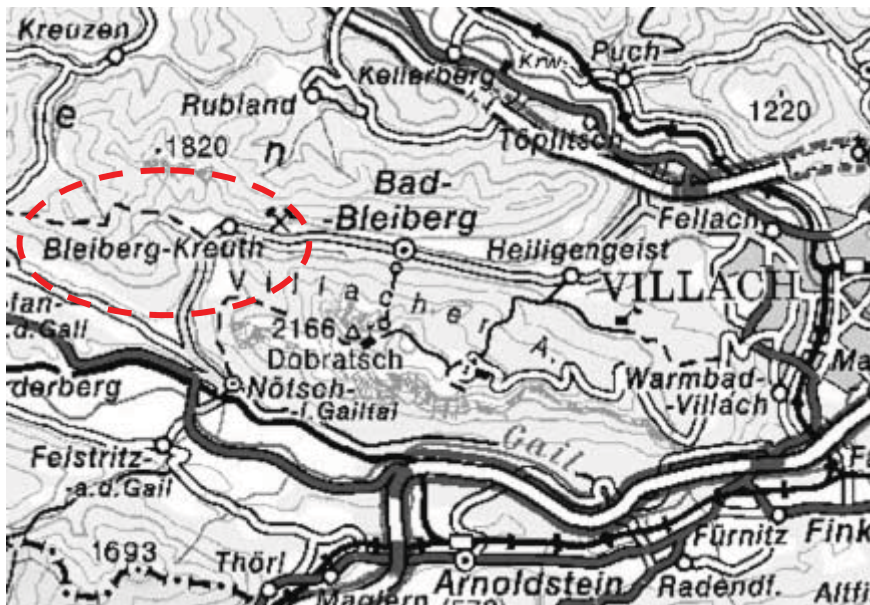


Abb. 2: Geographische Lage des Tagebaus Bleiberg – Kreuth

2.2 Abbau und Förderung

2.2.1 Abbau

Aufgrund der gegebenen Topographie und der Eigenart der Lagerstätte erfolgt die Gewinnung (Hangabbau) des Materials hauptsächlich durch Bohren & Sprengen bzw. teilweise auch durch Reißen („Ripping“) mit dem Hydraulikbagger. Große Steinblöcke werden auch mit dem am Hydraulikbagger aufgespannten Hydraulikhammer („Specht“) bearbeitet, um die Korngröße zu verringern. Mit diesen Verfahren ergeben sich Korngrößen von bis zu 1m³ bei Abmessungen bis 1.5 m.

Die Bohrarbeiten (schlagendes Verfahren) werden mit einem Bohrgerät des Typs Atlas Copco ROC F7 durchgeführt. Die Bohrungen weisen dabei Durchmesser von etwa 89 mm bei einer Bohrlochtiefe von etwa 3 m bis 25 m auf. Die Bohrlochneigung beträgt in der Regel 80° , variiert aber nach Art der Absprennung. Durch die anschließende Sprengung (je nach Gebrauch Einreihen-, Mehrreihen- oder Flächensprengung) ergibt sich eine Etagengeometrie von etwa 15 m (Tiefe) mal 20 m (Höhe). Sprengarbeiten an sich werden abhängig der Nachfrage an Endprodukten durchgeführt.

Die jährlichen Abbaumengen der vergangenen 10 Jahre bis Stand Mai 2006 sind in Abb. 3 zu sehen.

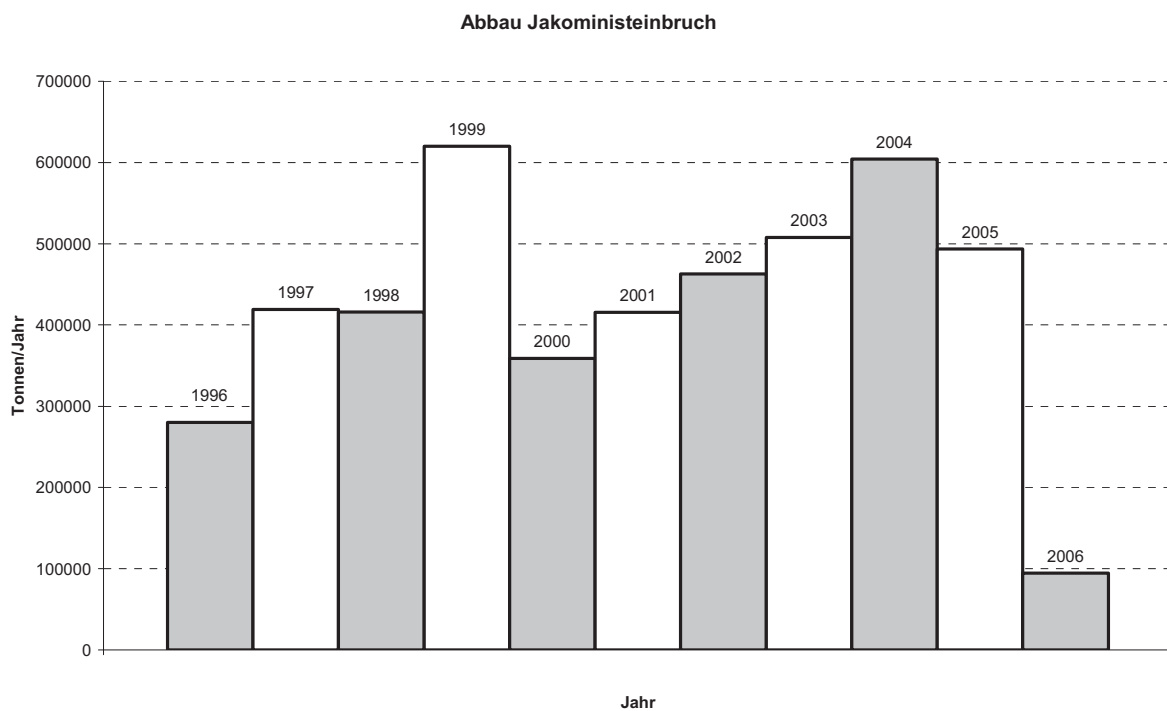


Abb. 3: Jährliche Abbaumenge

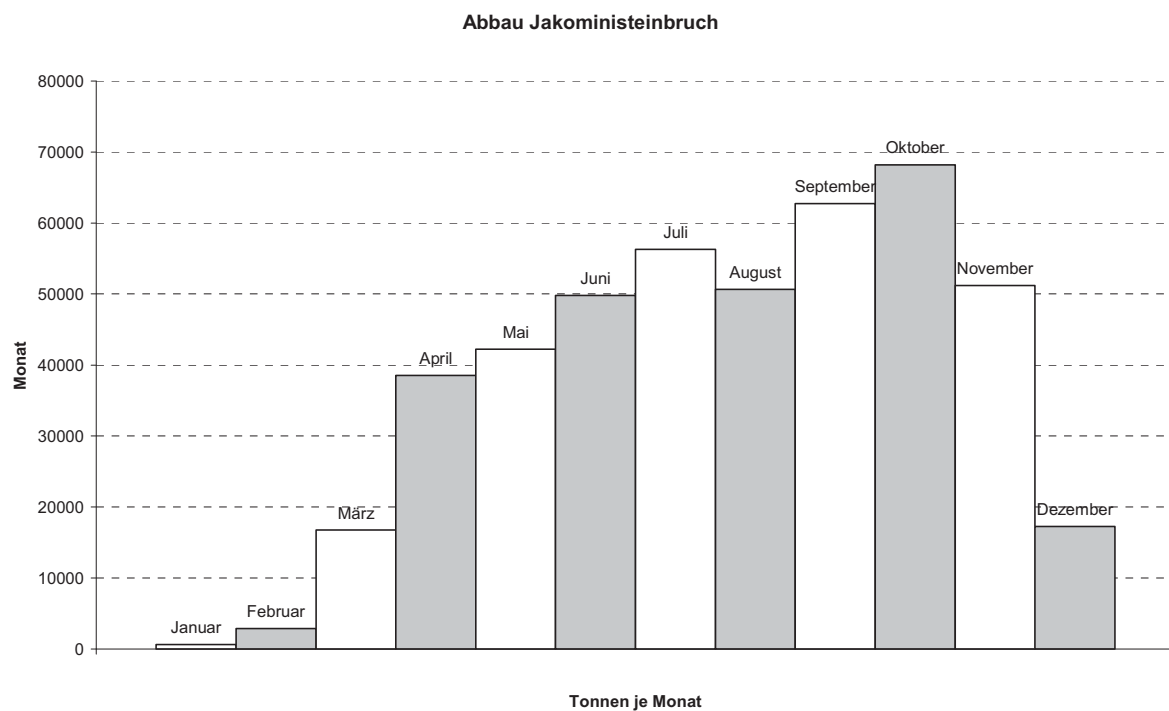


Abb. 4: Monatliche Abbaumenge im Schnitt

Für den Abbau stehen folgende Maschinen zur Verfügung:

- 1 Stk. Bohrerät vom Typ Atlas Copco ROC 7F - Abb. 5
- 1 Stk. Hydraulikbagger mit Reißzahn vom Typ Liebherr 964, siehe 2.2.2
- 1 Stk. Hydraulikhammer vom Typ Krupp - Abb. 6



Abb. 5: Bohrgerät Atlas Copco ROC 7F



Abb. 6: Hydraulikhammer Krupp

2.2.2 Förderung

Nach dem Lösen des Gesteins wird das Haufwerk mittels Radlader oder mit einem Hydraulikbagger auf SLKW (Schwerlastkraftwagen) verladen, mit denselben zu Tale gebracht und anschließend zur weiteren Aufbereitung in die Aufgabeschurre des Backenbrechers verkippt. Die beiden SLKW verkehren je nach Bedarf im Pendelbetrieb oder im Einzelbetrieb. Der Förderweg der SLKW bewegt sich dabei im Bereich von 300 m bis zu 1000 m (derzeitige oberste Etage). Gebräuchlich ist auch die Förderung nur mit dem großen Radlader, wenn Arbeiten in Brechernähe anfallen.

Folgende Förder- und Hilfsgeräte stehen zur Verfügung:

- 1 Stk. Radlader groß vom Typ Volvo L180C - Abb. 7
 - Schaufelinhalt mit modifizierter Schaufel 7,21 m³ (gestrichen)
- 1 Stk. Radlader klein vom Typ Liebherr 514 - Abb. 8
- 2 Stk. Hydraulikbagger klein vom Typ CAT 325 - Abb. 9
- 1 Stk. Hydraulikbagger groß vom Typ Liebherr 964 - Abb. 10
 - Schaufelinhalt 3,45 m³ (gestrichen)
- 2 Stk. SLKW vom Typ CAT 771D - Abb. 11
 - Muldeninhalt 27,5m³ nach SAE (2:1 gehäuft)
 - Nutzlast 40,6t



Abb. 7: Radlader Volvo L180C



Abb. 8: Radlader Liebherr 514



Abb. 9: Hydraulikbagger CAT 325



Abb. 10: Hydraulikbagger Liebherr 964



Abb. 11: SLKW CAT 771D

2.3 Aufbereitung

Nach der Verkipfung des Haufwerks in die Aufgabeschurre bzw. den Bunker der Vorbrechanlage wird das Material mittels Schubwagenspeiser abgezogen, auf einen Schwingförderer übergeben und gelangt über diesen anschließend in ein Vorsieb. In diesem Vorsieb werden Korngrößen von kleiner 63 mm – 63 mm / 220 mm selektiert, der Rest (größer 220 mm) gelangt in den Einschwingenbackenbrecher und wird zu Korngrößen von 0-400 mm verarbeitet. Die Abförderung der einzelnen Produkte erfolgt mittels Gurtförderer in Silos (520 m³, Frostkofferanlage), Deponie Zwischenlager, Makadamhalde, Feinsiebung, Prallmühle, Sekundärbrecher, Tertiärbrecher. Das vereinfachte Schema ist in Abb. 12 ersichtlich.

Für die erste Aufbereitung stehen folgende Maschinen bzw. Anlagen zur Verfügung:

- 1 Stk. Schubwagenspeiser
- 1 Stk. Schwingförderer vom Typ Niagara Exzentermaschine
- 1 Stk. Einschwingenbackenbrecher vom Typ Nordberg C140

- 1 Stk. Makadamsieb DDKS KQF 21/70-2

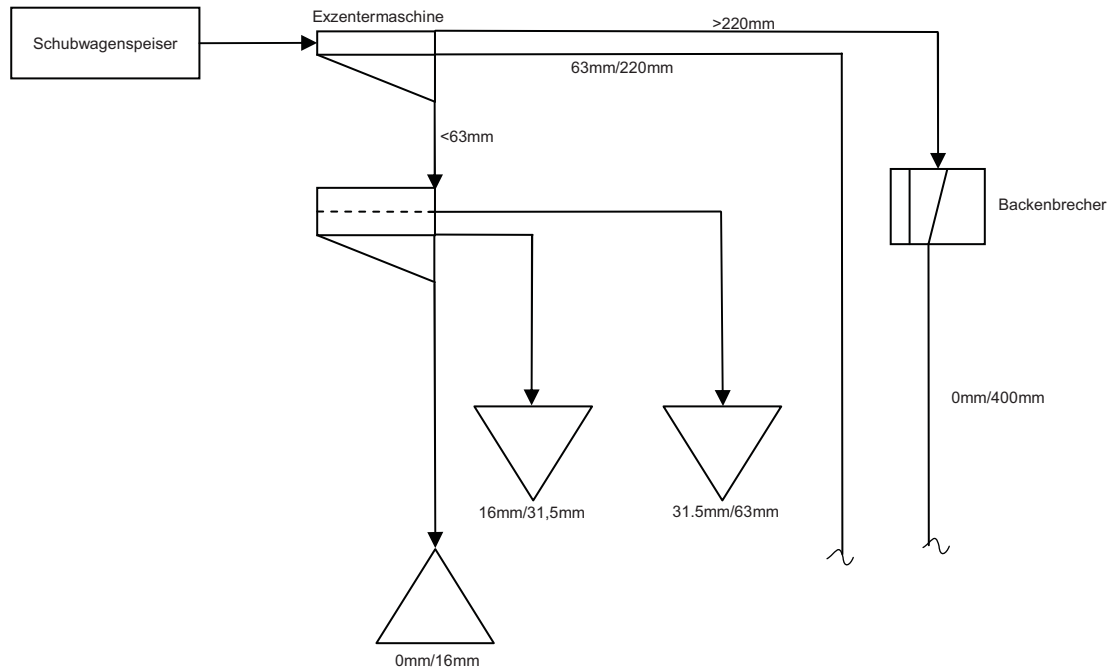


Abb. 12: Vereinfachtes Aufbereitungsschema

Die fertigen Endprodukte werden an vollautomatischen Beladestellen auf LKW verladen und gelangen von dort aus entweder direkt zum Kunden oder werden zur nahe gelegenen Bahnverladestelle in Arnoldstein gebracht und dort weiter verladen.

2.4 Endprodukte

Als Endprodukte sind unter anderem Sande, Edelbrechkorn, Brechkorn, Gleisschotter, Grobschlag, Frostkoffer, Tragschicht und Schüttmaterialien in unterschiedlichen Körnungen und Güteklassen.

- Kabelsand fein in 0-2, grob in 0-4, 0-8
- Edelbrechkorn in 2-4, 4-8, 8-11, 11-16, 16-22, 8-16, 8-22
- Edelbrechsand in 0-2

- Streusplitt in fein 2-4, in mittel 4-8 und in grob 8-11
- Filterkies in 11-32, 26-32, 22-32, 32-63, 90-170
- Brechkornmischung
- Urgesteinsmehl
- Gleisbauschotter in Klasse I in 31.5-63, in Klasse II in 16-31,5
- Grobschlag, Flussbausteine, Tragschicht, Gräder- und Schüttmaterial, Abraum

2.5 Analyse des Fördersystems Bagger – Muldenkipper

Um über die derzeitigen Verhältnisse Bescheid zu wissen wurde eine Analyse des Zustandes im Tagebau Bleiberg/Kreuth durchgeführt. Dafür wurden Förderzeiten vor Ort gemessen sowie die zugehörigen Förderströme des Fördersystems „Bagger - Muldenkipper“ für die oberste Etage bestimmt. Zusätzlich wurden zwei verschiedene Varianten betrachtet, die Förderung mit Vollbesatzung (2 Mann für 2 Muldenkipper) sowie die Förderung mit Teilbesatzung (1 Mann für 2 Muldenkipper). Bei dieser Variante bedient der Mann jeweils eine der zwei Mulden, während die andere Mulde beladen wird. Nach erfolgter Entleerfahrt wechselt er auf die soeben beladene Mulde und fährt mit dieser wiederum zur Entleerung.

Die Zeiten für die mittlere und die unterste Etage wurden von den gemessenen Zeiten der obersten Etage umgerechnet, anschließend wurden daraus die zugehörigen Förderströme bestimmt. In Abb. 13 sind die Beladestellen, die einzelnen Fahrwege der Muldenkipper und die Stellen der Abkippung in den Brecher eingezeichnet.

Zusätzlich wurden die Kosten in Betracht der jeweiligen Förderungen gezogen. Diese beziehen sich auf eine Produktion von 600000 Tonnen/Jahr und wurden mit den Sätzen 2006 bestimmt.

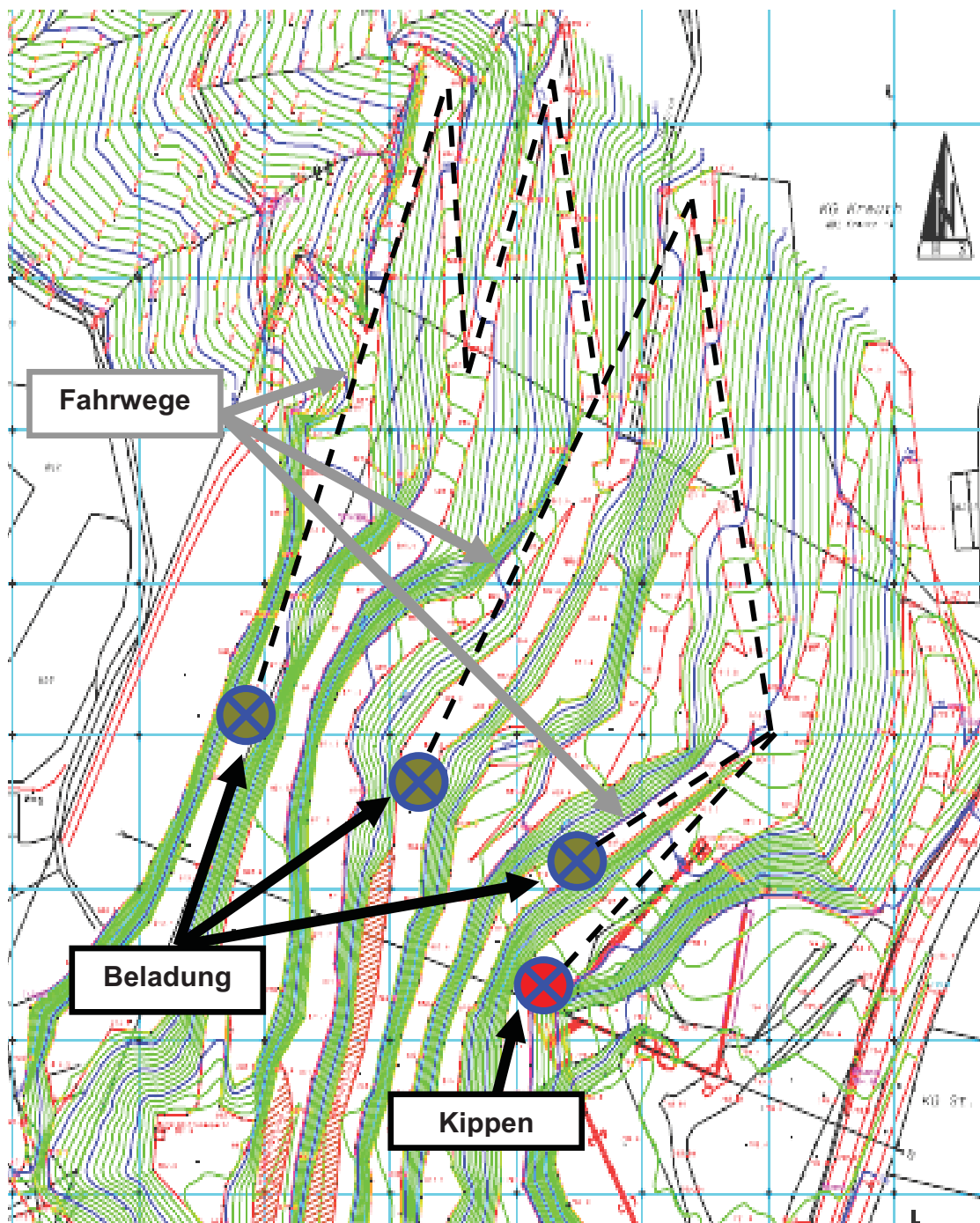


Abb. 13: Förderwege bei 3 Etagen

2.5.1 System Hydraulikbagger – Vollbesatzung

Zum Einsatz kommen dabei der Hydraulikbagger Liebherr 964 + 1 Mann (Abb. 10) sowie 2 Muldenkipper CAT 771D + 2 Mann (Abb. 11). Das Fassungsvermögen des Hydraulikbaggers beträgt 3,75 m³ (gehäuft), die Muldenkipper wurden mit je 33,75 m³

beladen (entspricht 9 Schaufeln des Hydraulikbaggers). Durch die günstige Belademöglichkeit mit dem Hydraulikbagger ist die Ausnutzung der Muldenkipper wesentlich besser als bei Betrieb mit dem Radlader.

Die einzelnen Zeiten wurden mittels Videoanalyse und Stoppuhr bestimmt, tabellariert und ausgewertet. Gemessen wurde von der obersten Etage aus, die erhaltenen Werte wurden auf die mittlere und unterste Etage umgerechnet. Das Prinzip des Fördersystems ist in Abb. 14 ersichtlich. Der erreichbare Förderstrom ist aufgrund zweier unabhängig agierender Muldenkippern höher.

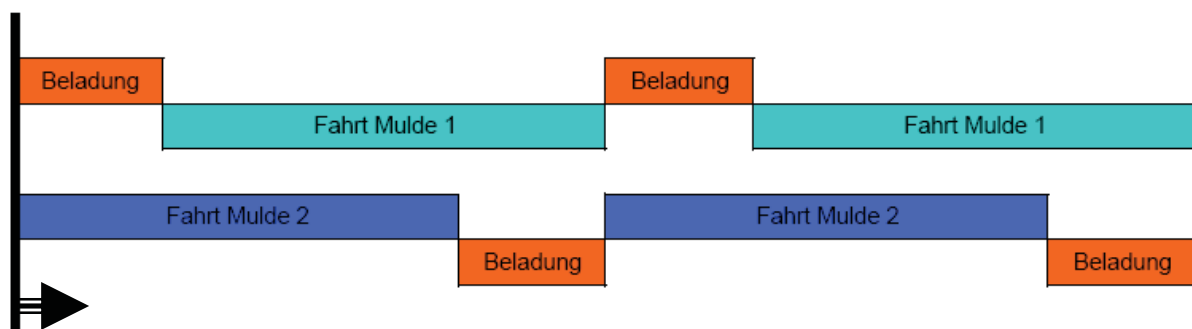


Abb. 14: Prinzip Förderzyklus mit 2 Mann mit 2 Mulden

2.5.1.1 Oberste Etage

Der Förderweg der Muldenkipper von der obersten Etage zum Brecher beträgt rund 1000 m bei einer mittleren Steigung von 18%. Die Dauer eines Förderzyklus beträgt im Mittel 854 Sekunden und setzt sich zusammen aus:

- Beladen der Mulde – 225 Sekunden
- Mulde Talfahrt zum Brecher – 304 Sekunden
- Mulde Reversieren zum Brecher – 27 Sekunden
- Mulde Kippen in den Brecher – 26 Sekunden
- Mulde Bergfahrt zur Beladung – 245 Sekunden
- Mulde Reversieren zur Beladung – 27 Sekunden

Der erreichbare Förderstrom beträgt dabei rund 470 Tonnen/Stunde und 235 Tonnen/Stunde für den einzelnen Muldenkipper.

Die berechneten Kosten betragen dabei 0,66 €/Tonne.

2.5.1.2 Mittlere Etage

Der Förderweg der Muldenkipper von der mittleren Etage zum Brecher beträgt rund 575 m bei einer mittleren Steigung von 18%. Die Dauer eines Förderzyklus beträgt im Mittel 627 Sekunden und setzt sich zusammen aus:

- Beladen der Mulde – 225 Sekunden
- Mulde Talfahrt zum Brecher – 178 Sekunden
- Mulde Reversieren zum Brecher – 27 Sekunden
- Mulde Kippen in den Brecher – 26 Sekunden
- Mulde Bergfahrt zur Beladung – 144 Sekunden
- Mulde Reversieren zur Beladung – 27 Sekunden

Der erreichbare Förderstrom beträgt dabei rund 650 Tonnen/Stunde und 325 Tonnen/Stunde für den einzelnen Muldenkipper.

Die berechneten Kosten betragen dabei 0,48 €/Tonne.

2.5.1.3 Unterste Etage

Der Förderweg der Muldenkipper von der mittleren Etage zum Brecher beträgt rund 305 m bei einer mittleren Steigung von 18%. Die Dauer eines Förderzyklus beträgt im Mittel 476 Sekunden und setzt sich zusammen aus:

- Beladen der Mulde – 225 Sekunden
- Mulde Talfahrt zum Brecher – 95 Sekunden
- Mulde Reversieren zum Brecher – 27 Sekunden
- Mulde Kippen in den Brecher – 26 Sekunden
- Mulde Bergfahrt zur Beladung – 76 Sekunden
- Mulde Reversieren zur Beladung – 27 Sekunden

Der erreichbare Förderstrom beträgt dabei rund 850 Tonnen/Stunde und 425 Tonnen/Stunde für den einzelnen Muldenkipper.

Die berechneten Kosten betragen dabei 0,37 €/Tonne.

2.5.2 System Hydraulikbagger – Teilbesatzung

Zum Einsatz kommen dabei der Hydraulikbagger Liebherr 964 + 1 Mann (Abb. 10) sowie 2 Muldenkipper CAT 771D + 1 Mann (Abb. 11), der die Mulden abwechselnd bewegt. Das Fassungsvermögen des Hydraulikbaggers beträgt $3,75 \text{ m}^3$ (gehäuft), die Muldenkipper wurden mit je $33,75 \text{ m}^3$ beladen (entspricht 9 Schaufeln des Hydraulikbaggers). Durch die günstige Belademöglichkeit mit dem Hydraulikbagger ist die Ausnutzung der Muldenkipper wesentlich besser als bei Betrieb mit dem Radlader.

Die einzelnen Zeiten wurden mittels Videoanalyse und Stoppuhr bestimmt, tabellariert und ausgewertet. Gemessen wurde von der obersten Etage aus, die erhaltenen Werte wurden auf die mittlere und unterste Etage umgerechnet. Das Prinzip des Fördersystems ist in Abb. 15 ersichtlich. Der erreichbare Förderstrom ist aufgrund der alternierenden Bewegung der Muldenkipper kleiner.

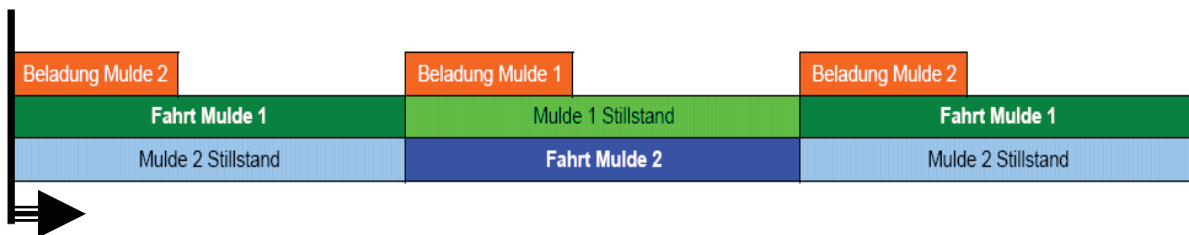


Abb. 15: Prinzip Förderzyklus mit 1 Mann mit 2 Mulden

2.5.2.1 Oberste Etage

Der Förderweg der Muldenkipper von der obersten Etage zum Brecher beträgt rund 1000 m bei einer mittleren Steigung von 18%. Die Zeit für die Beladung der Mulde muss nicht berücksichtigt werden, da dieser Vorgang während der Muldenfahrt geschieht. Die Dauer eines Förderzyklus beträgt im Mittel 644 Sekunden und setzt sich zusammen aus:

- Beladen der Mulde – 0 Sekunden
- Mulde Talfahrt zum Brecher – 304 Sekunden



- Mulde Reversieren zum Brecher – 27 Sekunden
- Mulde Kippen in den Brecher – 26 Sekunden
- Mulde Bergfahrt zur Beladung – 245 Sekunden
- Mulde Reversieren zur Beladung – 27 Sekunden
- Wechsel des Muldenkippers – 15 Sekunden

Der erreichbare Förderstrom beträgt dabei rund 316 Tonnen/Stunde.

Die berechneten Kosten betragen dabei 0,87 €/Tonne.

2.5.2.2 Mittlere Etage

Der Förderweg der Muldenkipper von der mittleren Etage zum Brecher beträgt rund 575 m bei einer mittleren Steigung von 18%. Die Zeit für die Beladung der Mulde muss nicht berücksichtigt werden, da dieser Vorgang während der Muldenfahrt geschieht. Die Dauer eines Förderzyklus beträgt im Mittel 417 Sekunden und setzt sich zusammen aus:

- Beladen der Mulde – 0 Sekunden
- Mulde Talfahrt zum Brecher – 178 Sekunden
- Mulde Reversieren zum Brecher – 27 Sekunden
- Mulde Kippen in den Brecher – 26 Sekunden
- Mulde Bergfahrt zur Beladung – 144 Sekunden
- Mulde Reversieren zur Beladung – 27 Sekunden
- Wechsel des Muldenkippers – 15 Sekunden

Der erreichbare Förderstrom beträgt dabei rund 488 Tonnen/Stunde.

Die berechneten Kosten betragen dabei 0,56 €/Tonne.

2.5.2.3 Unterste Etage

Der Förderweg der Muldenkipper von der mittleren Etage zum Brecher beträgt rund 305 m bei einer mittleren Steigung von 18%. Die Zeit für die Beladung der Mulde muss nicht berücksichtigt werden, da dieser Vorgang während der Muldenfahrt geschieht. Die Dauer eines Förderzyklus beträgt im Mittel 266 Sekunden und setzt sich zusammen aus:

- Beladen der Mulde – 0 Sekunden
- Mulde Talfahrt zum Brecher – 95 Sekunden
- Mulde Reversieren zum Brecher – 27 Sekunden
- Mulde Kippen in den Brecher – 26 Sekunden
- Mulde Bergfahrt zur Beladung – 76 Sekunden
- Mulde Reversieren zur Beladung – 27 Sekunden
- Wechsel des Muldenkippers – 15 Sekunden

Der erreichbare Förderstrom beträgt dabei rund 764 Tonnen/Stunde.

Die berechneten Kosten betragen dabei 0,36 €/Tonne.

2.5.3 System Radlader - Schacht

Dies bezieht sich auf die Abschätzung der Förderspielzeiten im Falle einer Installation eines Schachtes. Zum Einsatz kommt dabei der Radlader Volvo L180C, der Material aufnimmt, reversiert und in einen rund 80 m entfernten Schacht verkippt. Anschließend wird wieder reversiert und zur Materialaufnahme zurückgefahren, siehe Abb. 16. Die Zeiten für die Materialaufnahme, Reversierarbeit und der Hin- und Rückfahrt auf 80 m wurden in Absprache mit der Firma Mineral Abbau GmbH festgelegt.

Eine Förderschleife ergibt sich zu 120 Sekunden und setzt sich zusammen aus:

- Materialaufnahme, Reversierarbeit, Verkipfung – 64 Sekunden
- Hinfahrt – 28 Sekunden
- Rückfahrt – 28 Sekunden

Diese Zeiten ergeben eine mittlere Fahrgeschwindigkeit von 10 km/h und einen mittleren Förderstrom von 251 Tonnen/Stunde.

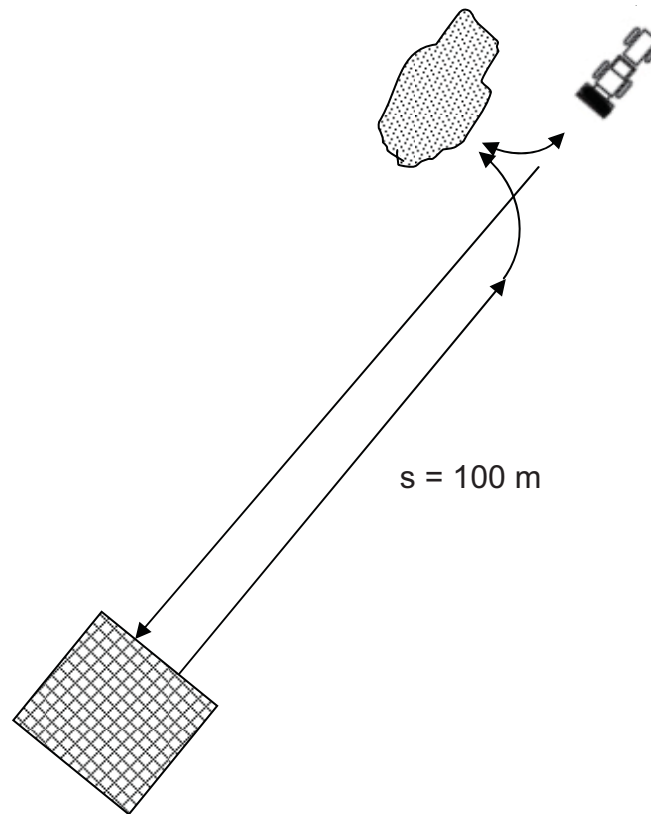


Abb. 16: Förderschleife Radlader – Schacht

2.6 System Muldenkipper, Hydraulikbagger, Radlader für die Erweiterung

Um die geforderten Produktionsdaten bei einer Erweiterung des Steinbruches (Förderstrom von 550 t/h und Jahresproduktion von 600000 t/Jahr) erreichen zu können, reichen die derzeit vorhandenen Mittel nicht aus. Der erzielbare Förderstrom mit den beiden Mulden CAT 771D liegt unterhalb den Forderungen. Daher wird im Folgenden die Neuanschaffung eines Systems mit mehreren bzw. größeren Muldenkippern betrachtet. Bemessungsbasis ist dabei die Förderung vom Erweiterungsgebiet aus (Abb. 17), die Fahrleistungen der Maschinen wurden aus der Auswertung übernommen und auf die neue Fahrstrecke (1200 m) adaptiert.

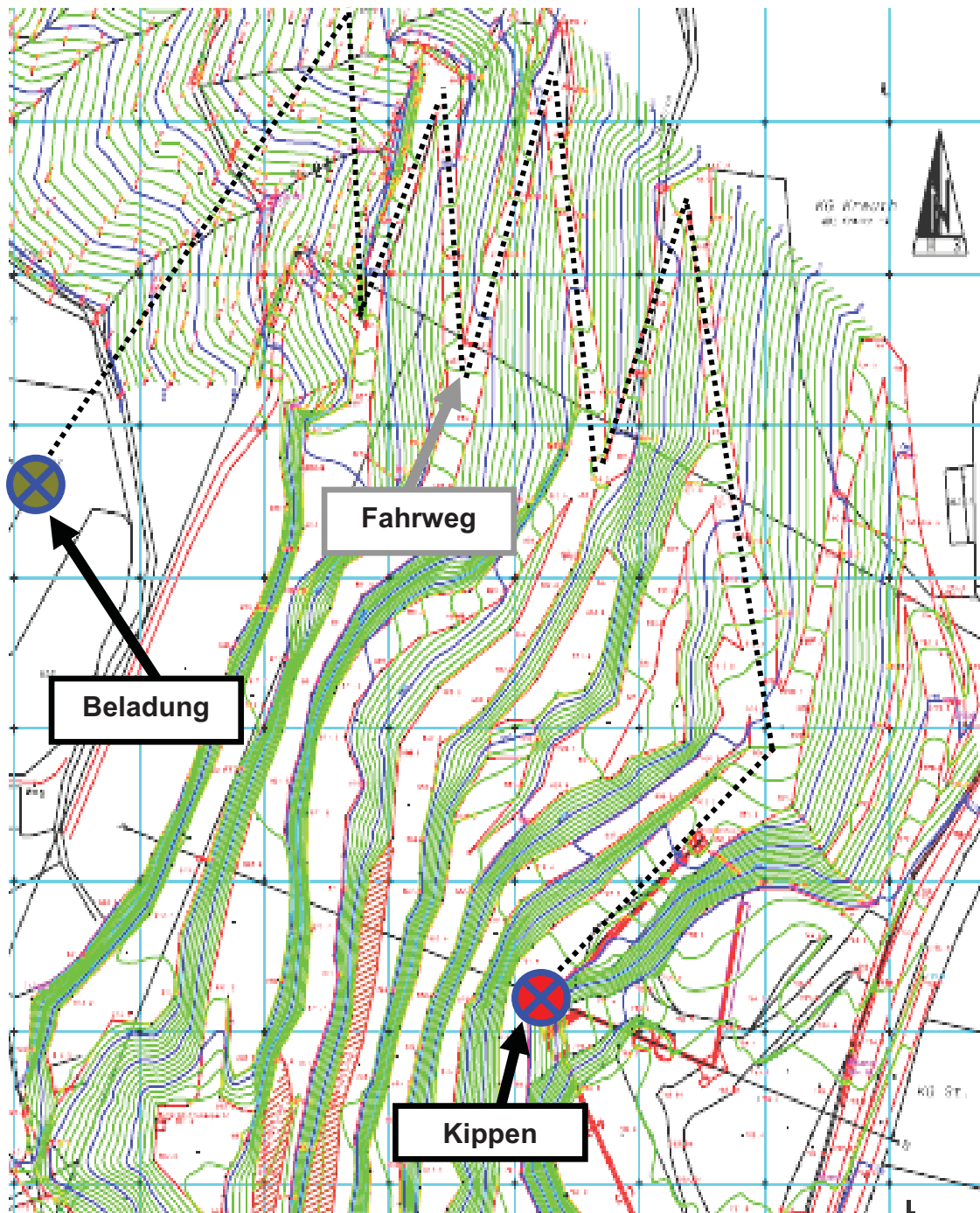


Abb. 17: Förderung im Erweiterungsgebiet

In Frage kommen dafür Muldenkipper des Typs CAT 771D (Abb. 11), CAT 775F (Abb. 18) und CAT 777D (Abb. 19).



Abb. 18: Muldenkipper CAT 775F



Abb. 19: Muldenkipper CAT 777D

Die betrachteten Maschinen weisen folgende für die Auslegung relevante Daten auf:

- CAT 771D: Nutzlast 41 t (27.5 m³)
Verbrauch 23 l/Std.
Anschaffungspreis € 394.556
- CAT 775F: Nutzlast 63.5 t (41.5 m³)
Verbrauch 30 l/Std.
Anschaffungspreis € 559.673
- CAT 777D: Nutzlast 91 t (60.1 m³)
Verbrauch 50 l/Std.
Anschaffungspreis € 1.059.654

Da die Mulden des Typs CAT 775F und CAT 777D etwas breiter bauen und der Wenderadius der Maschinen größer ausfällt, muss die vorhandene Strecke verbreitert bzw. ausgebaut werden (2.7).

2.6.1 Erzielbare Förderleistungen

Die Förderleistungen wurden für die jeweiligen Systeme mit Mehr-Mannbetrieb und 1-Mannbetrieb der Muldenkipper untersucht. Bei Betrieb mit 2 Mulden wurde Vollbesatzung (2 Mann – 2 Mulden, Abb. 20) sowie Teilbesatzung (1 Mann – 2 Mulden, Abb. 21) berücksichtigt.

Die einzelnen Förderzykluszeiten ergeben sich aus den im Steinbruch bestimmten Werten, welche auf die voraussichtliche Streckenführung adaptiert wurden.

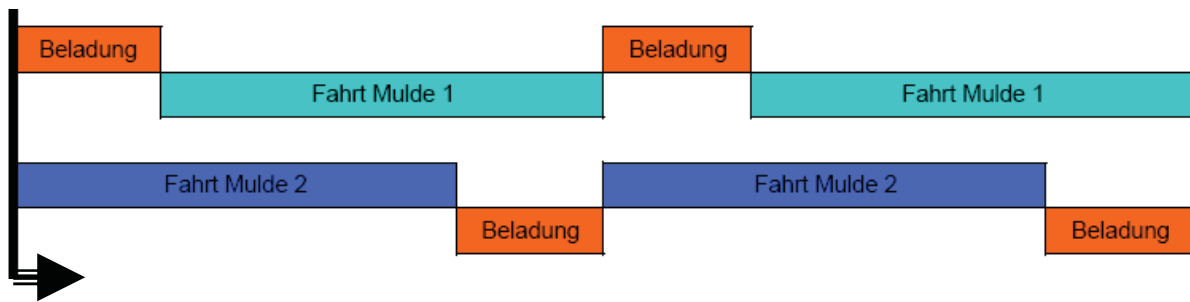


Abb. 20: Prinzip des Betriebs mit Vollbesetzung

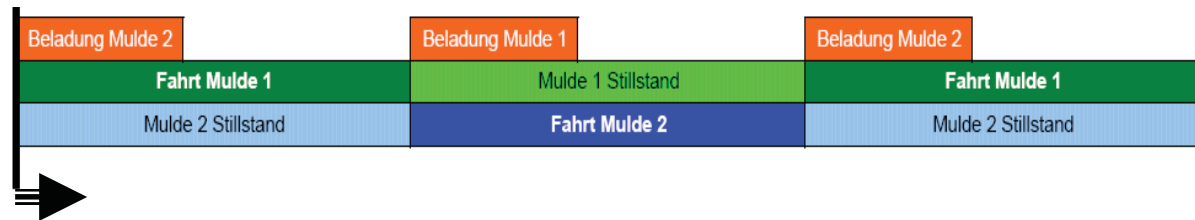


Abb. 21: Prinzip des Betriebs mit Teilbesetzung

2.6.1.1 System Hydraulikbagger Liebherr 964 mit Muldenkipper - Vollbesetzung

		771D	775F	777D	775F & 777D	
Materialschüttdichte	t/m ³	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68
Geforderter Förderstrom	t/h	550,00	550,00	550,00	550,00	550,00
Geforderter Förderstrom	m ³ /h	328,36	328,36	328,36	328,36	328,36
Muldenfahrzeit	s	752,40	752,40	752,40	752,40	752,40
Beladezeit/Schaufel Hydraulikbagger	s	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Multiplikator Hydraulikbaggerschaufel	-	8,00	13,00	18,00	13,00	18,00
Beladezeit Hydraulikbagger	s	200,00	325,00	450,00	325,00	450,00
Gesamtzykluszeit	s	952,40	1.077,40	1.202,40	1.077,40	1.202,40
Volumen Hydraulikbaggerschaufel	m ³	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
Muldenvolumen	m ³	24,80	40,30	55,80	40,30	55,80
Muldennutzlast	t	41,54	67,50	93,47	67,50	93,47
Erzielbarer Förderstrom 1 Mulde	t/h	157,02	225,55	279,83	225,55	279,83
Erzielbarer Förderstrom 2 Mulden	t/h	314,03	451,10	559,67	505,39	
Erzielbarer Förderstrom 3 Mulden	t/h	471,05	676,65	-	-	
Erzielbarer Förderstrom 4 Mulden	t/h	628,07	-	-	-	



Der geforderte Förderstrom von 550 t/Std. wird in diesem Fall mit 2 Mulden des Typs CAT 777D erreicht, mit einem Mischbetrieb aus CAT 775F & CAT 777D wird er knapp nicht erreicht. Ein Betrieb mit 4 Stk. CAT 771D sowie 3 Stk. CAT 775F würde die gestellten Anforderungen erfüllen.

2.6.1.2 System Hydraulikbagger Liebherr 964 mit Muldenkipper - Teilbesatzung

		771D	775F	777D	775F & 777D	
Materialschüttdichte	t/m ³	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68
Geforderter Förderstrom	t/h	550,00	550,00	550,00	550,00	550,00
Geforderter Förderstrom	m ³ /h	328,36	328,36	328,36	328,36	328,36
Muldenfahrzeit	s	752,40	752,40	752,40	752,40	752,40
Zeit Muldenwechsel	s	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Beladezeit/Schaufel Hydraulikbagger	s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Multiplikator Hydraulikbaggerschaufel	-	9,00	14,00	20,00	14,00	20,00
Beladezeit Hydraulikbagger	s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gesamtzykluszeit	s	767,40	767,40	767,40	767,40	767,40
Volumen Hydraulikbaggerschaufel	m ³	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
Muldenvolumen	m ³	27,90	43,40	62,00	43,40	62,00
Muldennutzlast	t	46,73	72,70	103,85	72,70	103,85
Erzielbarer Förderstrom 1 Mulde	t/h	109,61	170,51	243,59	170,51	243,59
Erzielbarer Förderstrom 2 Mulden	t/h	219,23	341,02	487,18	414,10	

In diesem speziellen Fall wird der Förderstrom von keinem System erreicht, da die Mulden jeweils abhängig voneinander operieren müssen. Eine Mulde ist jeweils in Fahrbetrieb, die andere Mulde wird währenddessen beladen bzw. sie steht in Warteposition.

2.6.1.3 System Radlader Liebherr 586 mit Muldenkipper - Vollbesetzung

		771D	775F	777D	775F & 777D	
Materialschüttdichte	t/m ³	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68
Geforderter Förderstrom	t/h	550,00	550,00	550,00	550,00	550,00
Geforderter Förderstrom	m ³ /h	328,36	328,36	328,36	328,36	328,36
Muldenfahrzeit	s	752,40	752,40	752,40	752,40	752,40
Beladezeit/Schaufel Radlader	s	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
Multiplikator Hydraulikbaggerschaufel	-	5,00	8,00	11,00	7,00	11,00
Beladezeit Radlader	s	225,00	360,00	495,00	315,00	495,00
Gesamtzykluszeit	s	977,40	1.112,40	1.247,40	1.067,40	1.247,40
Volumen Radladerschaufel	m ³	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Muldenvolumen	m ³	25,00	40,00	55,00	35,00	55,00
Muldennutzlast	t	41,88	67,00	92,13	58,63	92,13
Erzielbarer Förderstrom 1 Mulde	t/h	154,24	216,83	265,87	197,72	265,87
Erzielbarer Förderstrom 2 Mulden	t/h	308,47	433,66	531,74	463,60	
Erzielbarer Förderstrom 3 Mulden	t/h	462,71	650,48	797,62	-	
Erzielbarer Förderstrom 4 Mulden	t/h	616,94	-	-	-	

Hier wird der Förderstrom nur durch Einsatz von 4 Stk. CAT 771D, 3 Stk. CAT 775F, sowie 3 Stk. CAT 777D erreicht, denn mit 2 Stk. CAT 777D ist es knapp nicht möglich, den Förderstrom von 550 t/h zu erreichen.

Ein Mischbetrieb bleibt ebenfalls unter den Forderungen.

2.6.1.4 System Radlader Liebherr 586 mit Muldenkipper - Teilbesetzung



		771D	775F	777D	775F & 777D	
Materialschüttdichte	t/m ³	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68
Geforderter Förderstrom	t/h	550,00	550,00	550,00	550,00	550,00
Geforderter Förderstrom	m ³ /h	328,36	328,36	328,36	328,36	328,36
Muldenfahrzeit	s	752,40	752,40	752,40	752,40	752,40
Zeit Muldenwechsel	s	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Beladezeit/Schaufel Radlader	s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Multiplikator Hydraulikbaggerschaufel	-	5,00	8,00	11,00	7,00	11,00
Beladezeit Radlader	s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gesamtzykluszeit	s	767,40	767,40	767,40	767,40	767,40
Volumen Hydraulikbaggerschaufel	m ³	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Muldenvolumen	m ³	25,00	40,00	55,00	35,00	55,00
Muldennutzlast	t	41,88	67,00	92,13	58,63	92,13
Erzielbarer Förderstrom 1 Mulde	t/h	98,22	157,15	216,09	137,51	216,09
Erzielbarer Förderstrom 2 Mulden	t/h	196,44	314,31	432,17	353,59	

In diesem Fall wird der Förderstrom von keinem System erreicht, die Fahr- sowie die Beladezeiten sind zu hoch, um die Forderung zu erfüllen.

2.6.2 Anschaffungskosten im Überblick

Die angeführten Anschaffungskosten beziehen sich auf Angebote diverser Firmen.

Benennung	Preis/Stk [€]
Muldenkipper CAT 771D	394.556
Muldenkipper CAT 775F	559.673
Muldenkipper CAT 777D	1.059.654
Radlader Liebherr 586	321.204
Hydraulikbagger Liebherr 964	536.000

2.6.3 Ermittlung der Betriebskosten der Maschinen

Betriebskosten der vorhandenen Geräte, Diesel- sowie Mannkosten wurden von der Firma Mineral Abbau GmbH gestellt (Sätze 2006). Die restlichen Daten beziehen sich auf Angaben in Prospekten und Literatur [1].

Basis ist eine Jahresproduktion von 600.000 Tonnen. Die Betriebskosten wurden mit einer Einsatzbereitschaft von 100% (EB 100%, entspricht den theoretisch benötigten Betriebsstunden) und einer Einsatzbereitschaft von 75% (EB 75%, entspricht etwa den praktisch benötigten Betriebsstunden) bestimmt.

Die erforderlichen Betriebstage bei 600.000 Tonnen/Jahr und einem Förderstrom von 550 Tonnen/Stunde betragen bei EB 100% rund 110 Tage (1100 Betriebsstunden), bei EB 75% rund 145 Tage (1450 Betriebsstunden).

In der nachstehenden Tabelle sind die erwarteten Kosten angeführt.

Die Kosten für Personal betragen nach den Sätzen 2006 rund 22.85 €/Mann, der Diesel wurde mit 0.72 €/l berücksichtigt.

Technische Daten wie Dieserverbrauch sind wie die Wartungskosten aus der Literatur [1] und Prospekten entnommen worden.

Die Dauer und die Berechnung der Abschreibungen wurden nach Vorgabe seitens der Firma miteinbezogen. Die Abschreibungsdauer für Muldenkipper und Radlader beträgt 5 Jahre, für Hydraulikbagger 6 Jahre.

	771D	775F	777D	L964	L586
Rep. & Wartungskosten [€/Jahr]	30.000	40.000	50.000	66.987	15.000
AV-Dauer [Jahre]	5	5	5	6	5
Dieserverbrauch je Gerät [l/Std]	23	35	50	35	25
Dieselposten je Gerät [€/Std]	16,56	25,20	36,00	25,00	18,00
Afa & Reinvest je Gerät [€/Jahr]	94.811,81	134.489,42	254.634,86	110.934,13	77.185,32
Fixe Kosten [€/Jahr]	124.811,81	174.489,42	304.634,86	177.920,99	92.185,32
Variable Kosten [€/Std]	39,41	48,05	58,85	47,85	40,85

2.6.4 Betriebskosten im Überblick

Bei den Betriebskosten sind die Beträge für die Wegeaufbereitung inkludiert. Diese betragen für Muldenkipper des Typs CAT 771D etwa 0.01 €/t und für die des Typs CAT 775F & CAT 777D etwa 0.06 €/t von den jeweiligen Kosten.

2.6.4.1 System Hydraulikbagger – Vollbesetzung

	771D		775F		777D		775F & 777D	
	€/t	Betr.Std. [h]	€/t	Betr.Std. [h]	€/t	Betr.Std. [h]	€/t	Betr.Std. [h]
2 Mulden	1,26	2.547	1,36	1.773	1,76	1.429	1,56	1.583
3 Mulden	1,41	1.698	1,60	1.182	-	-	-	-
4 Mulden	1,58	1.274	-	-	-	-	-	-

Die erforderlichen Betriebsstunden sind hier niedrig im Vergleich zum Teilbetrieb, die Kosten für Diesel und Personal fallen aber für jede einzelne Mulde zu 100% an und insgesamt sind die Betriebskosten dadurch ein wenig höher.

2.6.4.2 System Hydraulikbagger – Teilbesetzung

	771D		775F		777D		775F & 777D	
	€/t	Betr.Std. [h]	€/t	Betr.Std. [h]	€/t	Betr.Std. [h]	€/t	Betr.Std. [h]
2 Mulden	1,26	3.649	1,31	2.346	1,66	1.642	1,48	1.932

Bei Betrieb mit Teilbesetzung sind zwar wesentlich mehr Betriebsstunden erforderlich, jedoch fallen die Diesel- sowie Mannkosten niedriger aus, da diese im Prinzip nur zu 50% berücksichtigt werden müssen. Je größer die Maschinen werden, desto günstiger wird diese Variante gegenüber der mit Vollbesetzung.

Jedoch ist anzumerken, dass der geforderte Förderstrom nicht erreicht wird.

2.6.4.3 System Radlader – Vollbesetzung

	771D		775F		777D		775F & 777D	
	[€/t]	Betr.Std. [h]	[€/t]	Betr.Std. [h]	[€/t]	Betr.Std. [h]	[€/t]	Betr.Std. [h]
2 Mulden	1,10	2.593	1,21	1.845	1,62	1.504	1,43	1.726
3 Mulden	1,25	1.729	1,45	1.182	2,10	1.003	-	-
4 Mulden	1,43	1.297	-	-	-	-	-	-

Im direkten Vergleich zum Betrieb mit dem Hydraulikbagger sind die Betriebskosten mit dem Radlader etwas geringer, was für dieses System spricht.

Wie beim vorherigen System sind die Kosten gegenüber denen bei Teilbetrieb etwas höher.

2.6.4.4 System Radlader – Teilbesetzung

	771D		775F		777D		775F & 777D	
	[€/t]	Betr.Std. [h]	[€/t]	Betr.Std. [h]	[€/t]	Betr.Std. [h]	[€/t]	Betr.Std. [h]
2 Mulden	1,13	4.072	1,17	2.545	1,53	1.851	1,36	2.262

Hier deutlicher zu sehen ist der enorme Unterschied bei den erforderlichen Betriebsstunden gegenüber denen bei Vollbesetzung.

Die Betriebskosten sinken aber mit größer werdenden Maschinen.

2.6.5 System Hydraulikbagger Liebherr 964 mit CAT 771D

Die erforderlichen Betriebsstunden beziehen sich auf die Jahresproduktion von 600.000 Tonnen/Jahr und den jeweiligen erreichbaren Förderströmen.

Die Kosten sind jeweils mit den erforderlichen Betriebsstunden berechnet, die für die Jahresproduktion von 600.000 Tonnen/Jahr benötigt werden.

Ergänzend wurde eine Berechnung durchgeführt, die sich auf die erforderlichen Betriebszeiten gemäß den Anforderungen bezieht (1091 Std. bei 100% Einsatzbereitschaft bzw. 1455 Std. bei 75% Einsatzbereitschaft; die erforderlichen Zeiten ergeben sich aus der geforderten Jahresproduktion und Förderstrom).

2.6.5.1 Förderung mit 2 Stk. CAT 771D - Vollbesetzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.911	2547
erf. Betriebstage [10h/Tag]	191	255
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	7,5	13,4
Anschaffungspreis System [€]	1.325.112	1.325.112
Kosten je Mulde [€/Jahr]	200.109	225.208
Kosten Mulden [€/Jahr]	400.218	450.417
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	269.341	299.814
Kosten [€/Jahr]	669.559	750.231
Kosten Mulden [€/t]	0,67	0,75
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,45	0,50
Kosten [€/t]	1,12	1,25

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	3.140	2.355
Produktivität [t/Jahr]	342.583,6	342.583,6
Anschaffungspreis System [€]	1.325.112	1.325.112
Kosten je Mulde [€/Jahr]	167.805	182.135
Kosten Mulden [€/Jahr]	335.609	364.271
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	230.119	247.519
Kosten [€/Jahr]	565.728	611.790
Kosten Mulden [€/t]	0,56	0,61
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,38	0,41
Kosten [€/t]	0,94	1,02

2.6.5.2 Förderung mit 2 Stk. CAT 771D – Teilbesatzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	2.737	3649
erf. Betriebstage [10h/Tag]	274	365
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	15,1	23,5
Anschaffungspreis System [€]	1.325.112	1.325.112
Kosten je Mulde [€/Jahr]	178.742	196.718
Kosten Mulden [€/Jahr]	357.483	393.437
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	308.876	352.527
Kosten [€/Jahr]	666.359	745.964
Kosten Mulden [€/t]	0,60	0,66
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,51	0,59
Kosten [€/t]	1,11	1,24

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	2.192	1.644
Produktivität [t/Jahr]	239.158,8	239.158,8
Anschaffungspreis System [€]	1.325.112	1.325.112
Kosten je Mulde [€/Jahr]	146.308	209.435
Kosten Mulden [€/Jahr]	292.616	418.870
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	230.119	247.519
Kosten [€/Jahr]	522.736	666.388
Kosten Mulden [€/t]	1,22	1,75
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,96	1,03
Kosten [€/t]	2,19	2,79

2.6.5.3 Förderung mit 3 Stk. CAT 771D - Vollbesetzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.274	1698
erf. Betriebstage [10h/Tag]	127	170
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	1,7	5,6
Anschaffungspreis System [€]	1.719.668	1.719.668
Kosten je Mulde [€/Jahr]	175.010	191.743
Kosten Mulden [€/Jahr]	525.030	575.228
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	238.868	259.183
Kosten [€/Jahr]	763.898	834.411
Kosten Mulden [€/t]	0,88	0,96
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,40	0,43
Kosten [€/t]	1,27	1,39

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	4.711	3.533
Produktivität [t/Jahr]	513.875,4	513.875,4
Anschaffungspreis System [€]	1.719.668	1.719.668
Kosten je Mulde [€/Jahr]	167.805	182.135
Kosten Mulden [€/Jahr]	503.414	546.406
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	230.119	247.519
Kosten [€/Jahr]	733.533	793.925
Kosten Mulden [€/t]	0,84	0,91
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,38	0,41
Kosten [€/t]	1,22	1,32

2.6.5.4 Förderung mit 4 Stk. CAT 771D - Vollbesetzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	955	1274
erf. Betriebstage [10h/Tag]	96	127
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	-1,2	1,7
Anschaffungspreis System [€]	1.719.668	1.719.668
Kosten je Mulde [€/Jahr]	162.460	175.010
Kosten Mulden [€/Jahr]	649.842	700.040
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	223.631	238.868
Kosten [€/Jahr]	873.473	938.908
Kosten Mulden [€/t]	1,08	1,17
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,37	0,40
Kosten [€/t]	1,46	1,56

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	4.711	3.533
Produktivität [t/Jahr]	513.875,4	513.875,4
Anschaffungspreis System [€]	1.719.668	1.719.668
Kosten je Mulde [€/Jahr]	167.805	182.135
Kosten Mulden [€/Jahr]	671.218	728.542
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	230.119	247.519
Kosten [€/Jahr]	901.337	976.060
Kosten Mulden [€/t]	1,12	1,21
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,38	0,41
Kosten [€/t]	1,50	1,63

2.6.6 System Hydraulikbagger Liebherr 964 mit CAT 775F

Die erforderlichen Betriebsstunden beziehen sich auf die Jahresproduktion von 600.000 Tonnen/Jahr und den jeweiligen erreichbaren Förderströmen.

2.6.6.1 Förderung mit 2 Stk. CAT 775F - Vollbesetzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.330	1773
erf. Betriebstage [10h/Tag]	133	177
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	2,2	6,3
Anschaffungspreis System [€]	1.655.346	1.655.346
Kosten je Mulde [€/Jahr]	238.400	259.703
Kosten Mulden [€/Jahr]	476.799	519.406
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	241.563	262.777
Kosten [€/Jahr]	718.363	782.183
Kosten Mulden [€/t]	0,79	0,87
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,40	0,44
Kosten [€/t]	1,20	1,30

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	4.511	3.383
Produktivität [t/Jahr]	492.110,4	492.110,4
Anschaffungspreis System [€]	1.655.346	1.655.346
Kosten je Mulde [€/Jahr]	226.908	244.380
Kosten Mulden [€/Jahr]	453.815	488.761
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	230.119	247.519
Kosten [€/Jahr]	683.934	736.279
Kosten Mulden [€/t]	0,92	0,99
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,47	0,50
Kosten [€/t]	1,39	1,50

2.6.6.2 Förderung mit 2 Stk. CAT 775F - Teilbesatzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.759	2346
erf. Betriebstage [10h/Tag]	176	235
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	6,1	11,5
Anschaffungspreis System [€]	1.655.346	1.655.346
Kosten je Mulde [€/Jahr]	216.759	230.849
Kosten Mulden [€/Jahr]	433.519	461.699
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	262.106	290.168
Kosten [€/Jahr]	695.625	751.866
Kosten Mulden [€/t]	0,72	0,77
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,44	0,48
Kosten [€/t]	1,16	1,25

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	3.410	2.558
Produktivität [t/Jahr]	372.024,8	372.024,8
Anschaffungspreis System [€]	1.655.346	1.655.346
Kosten je Mulde [€/Jahr]	-	-
Kosten Mulden [€/Jahr]	401.397	418.870
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	230.119	247.519
Kosten [€/Jahr]	631.516	666.388
Kosten Mulden [€/t]	1,08	1,13
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,62	0,67
Kosten [€/t]	1,70	1,79

2.6.6.3 Förderung mit 3 Stk. CAT 775F - Vollbesetzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	887	1182
erf. Betriebstage [10h/Tag]	89	118
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	-1,9	0,8
Anschaffungspreis System [€]	2.215.019	2.215.019
Kosten je Mulde [€/Jahr]	217.096	231.299
Kosten Mulden [€/Jahr]	651.289	693.896
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	220.349	234.492
Kosten [€/Jahr]	871.638	928.387
Kosten Mulden [€/t]	1,09	1,16
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,37	0,39
Kosten [€/t]	1,45	1,55

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	6.767	5.075
Produktivität [t/Jahr]	738.165,6	738.165,6
Anschaffungspreis System [€]	2.215.019	2.215.019
Kosten je Mulde [€/Jahr]	226.908	244.380
Kosten Mulden [€/Jahr]	680.723	733.141
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	230.119	247.519
Kosten [€/Jahr]	910.842	980.660
Kosten Mulden [€/t]	0,92	0,99
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,31	0,34
Kosten [€/t]	1,23	1,33

2.6.7 System Hydraulikbagger Liebherr 964 mit CAT 777D

Die erforderlichen Betriebsstunden beziehen sich auf die Jahresproduktion von 600.000 Tonnen/Jahr und den jeweiligen erreichbaren Förderströmen.

2.6.7.1 Förderung mit 2 Stk. CAT 777D - Vollbesetzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.072	1429
erf. Betriebstage [10h/Tag]	107	143
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	-0,2	3,1
Anschaffungspreis System [€]	2.655.308	2.655.308
Kosten je Mulde [€/Jahr]	367.726	388.756
Kosten Mulden [€/Jahr]	735.451	777.512
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	229.217	246.316
Kosten [€/Jahr]	964.669	1.023.828
Kosten Mulden [€/t]	1,23	1,30
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,38	0,41
Kosten [€/t]	1,61	1,71

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	5.597	4.198
Produktivität [t/Jahr]	610.548,1	610.548,1
Anschaffungspreis System [€]	2.655.308	2.655.308
Kosten je Mulde [€/Jahr]	368.835	390.235
Kosten Mulden [€/Jahr]	737.670	780.470
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	230.119	247.519
Kosten [€/Jahr]	967.789	1.027.988
Kosten Mulden [€/t]	1,21	1,28
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,38	0,41
Kosten [€/t]	1,59	1,68

2.6.7.2 Förderung mit 2 Stk. CAT 777D – Teilbesatzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.232	1642
erf. Betriebstage [10h/Tag]	123	164
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	1,3	5,1
Anschaffungspreis System [€]	2.655.308	2.655.308
Kosten je Mulde [€/Jahr]	340.874	352.954
Kosten Mulden [€/Jahr]	681.749	705.908
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	236.851	256.494
Kosten [€/Jahr]	918.599	962.402
Kosten Mulden [€/t]	1,14	1,18
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,39	0,43
Kosten [€/t]	1,53	1,60

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	4.872	3.654
Produktivität [t/Jahr]	531.464,0	531.464,0
Anschaffungspreis System [€]	2.655.308	2.655.308
Kosten je Mulde [€/Jahr]	336.735	347.435
Kosten Mulden [€/Jahr]	673.470	694.870
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	230.119	247.519
Kosten [€/Jahr]	903.589	942.388
Kosten Mulden [€/t]	1,27	1,31
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,43	0,47
Kosten [€/t]	1,70	1,77

2.6.8 System Hydraulikbagger Liebherr 964 mit CAT 775F & CAT 777D

Die erforderlichen Betriebsstunden beziehen sich auf die Jahresproduktion von 600.000 Tonnen/Jahr und den jeweiligen erreichbaren Förderströmen.

2.6.8.1 Förderung mit CAT 775F & CAT 777D - Vollbesetzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.187	1583
erf. Betriebstage [10h/Tag]	119	158
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	0,9	4,5
Anschaffungspreis System [€]	2.155.327	2.155.327
Kosten je Mulde [€/Jahr]	-	-
Kosten Mulden [€/Jahr]	606.037	648.342
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	234.727	253.663
Kosten [€/Jahr]	840.765	902.004
Kosten Mulden [€/t]	1,01	1,08
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,39	0,42
Kosten [€/t]	1,40	1,50

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	5.054	3.790
Produktivität [t/Jahr]	551.329,2	551.329,2
Anschaffungspreis System [€]	2.155.327	2.155.327
Kosten je Mulde [€/Jahr]	-	-
Kosten Mulden [€/Jahr]	595.742	634.615
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	230.119	247.519
Kosten [€/Jahr]	825.862	882.134
Kosten Mulden [€/t]	1,08	1,15
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,42	0,45
Kosten [€/t]	1,50	1,60

2.6.8.2 Förderung mit CAT 775F & CAT 777D - Teilbesetzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.449	1932
erf. Betriebstage [10h/Tag]	145	193
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	3,3	7,7
Anschaffungspreis System [€]	2.155.327	2.155.327
Kosten je Mulde [€/Jahr]	-	-
Kosten Mulden [€/Jahr]	556.570	582.385
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	247.250	270.360
Kosten [€/Jahr]	803.819	852.744
Kosten Mulden [€/t]	0,93	0,97
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,41	0,45
Kosten [€/t]	1,34	1,42

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	4.141	3.106
Produktivität [t/Jahr]	451.744,4	451.744,4
Anschaffungspreis System [€]	2.155.327	2.155.327
Kosten je Mulde [€/Jahr]	-	-
Kosten Mulden [€/Jahr]	537.433	556.870
Kosten Hydraulikbagger [€/Jahr]	230.119	247.519
Kosten [€/Jahr]	767.553	804.388
Kosten Mulden [€/t]	1,19	1,23
Kosten Hydraulikbagger [€/t]	0,51	0,55
Kosten [€/t]	1,70	1,78

2.6.9 System Radlader Liebherr 586 mit CAT 771D

Die erforderlichen Betriebsstunden beziehen sich auf die Jahresproduktion von 600.000 Tonnen/Jahr und den jeweiligen erreichbaren Förderströmen.

2.6.9.1 Förderung mit 2 Stk. CAT 771D - Vollbesetzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.945	2593
erf. Betriebstage [10h/Tag]	195	259
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	7,8	13,8
Anschaffungspreis System [€]	1.110.316	1.110.316
Kosten je Mulde [€/Jahr]	201.467	227.019
Kosten Mulden [€/Jahr]	402.935	454.039
Kosten Radlader [€/Jahr]	171.642	198.127
Kosten [€/Jahr]	574.577	652.166
Kosten Mulden [€/t]	0,67	0,76
Kosten Radlader [€/t]	0,29	0,33
Kosten [€/t]	0,96	1,09

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	3.085	2.314
Produktivität [t/Jahr]	336.513,1	336.513,1
Anschaffungspreis System [€]	1.110.316	1.110.316
Kosten je Mulde [€/Jahr]	167.805	182.135
Kosten Mulden [€/Jahr]	335.609	364.271
Kosten Radlader [€/Jahr]	136.749	151.604
Kosten [€/Jahr]	472.358	515.874
Kosten Mulden [€/t]	0,56	0,61
Kosten Radlader [€/t]	0,23	0,25
Kosten [€/t]	0,79	0,86

2.6.9.2 Förderung mit 2 Stk. CAT 771D - Teilbesetzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	3.054	4072
erf. Betriebstage [10h/Tag]	305	407
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	18,0	27,3
Anschaffungspreis [€]	1.110.316	1.110.316
Kosten je Mulde [€/Jahr]	184.998	205.060
Kosten Mulden [€/Jahr]	369.995	410.119
Kosten Radlader [€/Jahr]	216.955	258.545
Kosten [€/Jahr]	586.950	668.664
Kosten Mulden [€/t]	0,62	0,68
Kosten Radlader [€/t]	0,36	0,43
Kosten [€/t]	0,98	1,11

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	1.964	1.473
Produktivität [t/Jahr]	214.300,0	214.300,0
Anschaffungspreis [€]	1.110.316	1.110.316
Kosten je Mulde [€/Jahr]	146.308	153.474
Kosten Mulden [€/Jahr]	292.616	306.947
Kosten Radlader [€/Jahr]	136.749	151.604
Kosten [€/Jahr]	429.365	458.551
Kosten Mulden [€/t]	1,37	1,43
Kosten Radlader [€/t]	0,64	0,71
Kosten [€/t]	2,00	2,14

2.6.9.3 Förderung mit 3 Stk. CAT 771D - Vollbesetzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.297	1729
erf. Betriebstage [10h/Tag]	130	173
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	1,9	5,8
Anschaffungspreis System [€]	1.504.872	1.504.872
Kosten je Mulde [€/Jahr]	175.916	192.950
Kosten Mulden [€/Jahr]	527.747	578.851
Kosten Radlader [€/Jahr]	145.156	162.813
Kosten [€/Jahr]	672.903	741.664
Kosten Mulden [€/t]	0,88	0,96
Kosten Radlader [€/t]	0,24	0,27
Kosten [€/t]	1,12	1,24

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	4.627	3.470
Produktivität [t/Jahr]	504.769,7	504.769,7
Anschaffungspreis System [€]	1.504.872	1.504.872
Kosten je Mulde [€/Jahr]	167.805	182.135
Kosten Mulden [€/Jahr]	503.414	546.406
Kosten Radlader [€/Jahr]	136.749	151.604
Kosten [€/Jahr]	640.163	698.010
Kosten Mulden [€/t]	1,00	1,08
Kosten Radlader [€/t]	0,27	0,30
Kosten [€/t]	1,27	1,38

2.6.9.4 Förderung mit 4 Stk. CAT 771D - Vollbesetzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	973	1297
erf. Betriebstage [10h/Tag]	97	130
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	-1,1	1,9
Anschaffungspreis System [€]	1.899.428	1.899.428
Kosten je Mulde [€/Jahr]	163.140	175.916
Kosten Mulden [€/Jahr]	652.559	703.662
Kosten Radlader [€/Jahr]	131.914	145.156
Kosten [€/Jahr]	784.472	848.819
Kosten Mulden [€/t]	1,09	1,17
Kosten Radlader [€/t]	0,22	0,24
Kosten [€/t]	1,31	1,41

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	6.169	4.627
Produktivität [t/Jahr]	673.026,3	673.026,3
Anschaffungspreis System [€]	1.899.428	1.899.428
Kosten je Mulde [€/Jahr]	163.140	182.135
Kosten Mulden [€/Jahr]	652.559	728.542
Kosten Radlader [€/Jahr]	136.749	151.604
Kosten [€/Jahr]	789.308	880.145
Kosten Mulden [€/t]	0,97	1,08
Kosten Radlader [€/t]	0,20	0,23
Kosten [€/t]	1,17	1,31

2.6.10 System Radlader Liebherr 586 mit CAT 775F

Die erforderlichen Betriebsstunden beziehen sich auf die Jahresproduktion von 600.000 Tonnen/Jahr und den jeweiligen erreichbaren Förderströmen.

2.6.10.1 Förderung mit 2 Stk. CAT 775F - Vollbesatzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.384	1845
erf. Betriebstage [10h/Tag]	138	184
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	2,7	6,9
Anschaffungspreis System [€]	1.440.550	1.440.550
Kosten je Mulde [€/Jahr]	240.971	263.131
Kosten Mulden [€/Jahr]	481.941	526.262
Kosten Radlader [€/Jahr]	148.705	167.545
Kosten [€/Jahr]	630.646	693.807
Kosten Mulden [€/t]	0,80	0,88
Kosten Radlader [€/t]	0,25	0,28
Kosten [€/t]	1,05	1,16

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	4.337	3.252
Produktivität [t/Jahr]	473.078,9	473.078,9
Anschaffungspreis System [€]	1.440.550	1.440.550
Kosten je Mulde [€/Jahr]	226.908	244.380
Kosten Mulden [€/Jahr]	453.815	488.761
Kosten Radlader [€/Jahr]	136.749	151.604
Kosten [€/Jahr]	590.564	640.364
Kosten Mulden [€/t]	0,96	1,03
Kosten Radlader [€/t]	0,29	0,32
Kosten [€/t]	1,25	1,35

2.6.10.2 Förderung mit 2 Stk. CAT 775F – Teilbesatzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.909	2545
erf. Betriebstage [10h/Tag]	191	255
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	7,5	13,3
Anschaffungspreis System [€]	1.440.550	1.440.550
Kosten je Mulde [€/Jahr]	220.352	235.640
Kosten Mulden [€/Jahr]	440.705	471.280
Kosten Radlader [€/Jahr]	170.166	196.160
Kosten [€/Jahr]	610.871	667.440
Kosten Mulden [€/t]	0,73	0,79
Kosten Radlader [€/t]	0,28	0,33
Kosten [€/t]	1,02	1,11

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	3.143	2.357
Produktivität [t/Jahr]	342.880,0	342.880,0
Anschaffungspreis System [€]	1.440.550	1.440.550
Kosten je Mulde [€/Jahr]	200.699	209.435
Kosten Mulden [€/Jahr]	401.397	418.870
Kosten Radlader [€/Jahr]	136.749	151.604
Kosten [€/Jahr]	538.146	570.473
Kosten Mulden [€/t]	1,17	1,22
Kosten Radlader [€/t]	0,40	0,44
Kosten [€/t]	1,57	1,66

2.6.10.3 Förderung mit 3 Stk. CAT 775F - Vollbesetzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	887	1182
erf. Betriebstage [10h/Tag]	89	118
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	-1,9	0,8
Anschaffungspreis System [€]	0	0
Kosten je Mulde [€/Jahr]	217.096	231.299
Kosten Mulden [€/Jahr]	651.289	693.896
Kosten Radlader [€/Jahr]	128.408	140.482
Kosten [€/Jahr]	779.697	834.378
Kosten Mulden [€/t]	1,09	1,16
Kosten Radlader [€/t]	0,21	0,23
Kosten [€/t]	1,30	1,39

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	6.505	4.879
Produktivität [t/Jahr]	709.618,3	709.618,3
Anschaffungspreis System [€]	0	0
Kosten je Mulde [€/Jahr]	226.908	244.380
Kosten Mulden [€/Jahr]	680.723	733.141
Kosten Radlader [€/Jahr]	136.749	151.604
Kosten [€/Jahr]	817.472	884.744
Kosten Mulden [€/t]	0,96	1,03
Kosten Radlader [€/t]	0,19	0,21
Kosten [€/t]	1,15	1,25

2.6.11 System Radlader Liebherr 586 mit CAT 777D

Die erforderlichen Betriebsstunden beziehen sich auf die Jahresproduktion von 600.000 Tonnen/Jahr und den jeweiligen erreichbaren Förderströmen.

2.6.11.1 Förderung mit 2 Stk. 777D - Vollbesetzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.128	1504
erf. Betriebstage [10h/Tag]	113	150
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	0,3	3,8
Anschaffungspreis System [€]	2.440.512	2.440.512
Kosten je Mulde [€/Jahr]	371.039	393.174
Kosten Mulden [€/Jahr]	742.078	786.347
Kosten Radlader [€/Jahr]	138.279	153.643
Kosten [€/Jahr]	880.357	939.991
Kosten Mulden [€/t]	1,24	1,31
Kosten Radlader [€/t]	0,23	0,26
Kosten [€/t]	1,47	1,57

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	5.317	3.988
Produktivität [t/Jahr]	580.085,0	580.085,0
Anschaffungspreis System [€]	2.440.512	2.440.512
Kosten je Mulde [€/Jahr]	368.835	390.235
Kosten Mulden [€/Jahr]	737.670	780.470
Kosten Radlader [€/Jahr]	136.749	151.604
Kosten [€/Jahr]	874.419	932.073
Kosten Mulden [€/t]	1,27	1,35
Kosten Radlader [€/t]	0,24	0,26
Kosten [€/t]	1,51	1,61

2.6.11.2 Förderung mit 2 Stk. 777D – Teilbesatzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.388	1851
erf. Betriebstage [10h/Tag]	139	185
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	2,7	7,0
Anschaffungspreis System [€]	2.440.512	2.440.512
Kosten je Mulde [€/Jahr]	345.487	359.104
Kosten Mulden [€/Jahr]	690.973	718.208
Kosten Radlader [€/Jahr]	148.899	167.803
Kosten [€/Jahr]	839.872	886.011
Kosten Mulden [€/t]	1,15	1,20
Kosten Radlader [€/t]	0,25	0,28
Kosten [€/t]	1,40	1,48

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	4.322	3.241
Produktivität [t/Jahr]	471.460,0	471.460,0
Anschaffungspreis System [€]	2.440.512	2.440.512
Kosten je Mulde [€/Jahr]	336.735	347.435
Kosten Mulden [€/Jahr]	673.470	694.870
Kosten Radlader [€/Jahr]	136.749	151.604
Kosten [€/Jahr]	810.219	846.473
Kosten Mulden [€/t]	1,43	1,47
Kosten Radlader [€/t]	0,29	0,32
Kosten [€/t]	1,72	1,80

2.6.11.3 Förderung mit 3 Stk. 777D – Vollbesetzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	752	1003
erf. Betriebstage [10h/Tag]	75	100
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	-3,1	-0,8
Anschaffungspreis System [€]	79	79
Kosten je Mulde [€/Jahr]	348.904	363.661
Kosten Mulden [€/Jahr]	1.046.713	1.090.982
Kosten Radlader [€/Jahr]	122.914	133.157
Kosten [€/Jahr]	1.169.627	1.224.139
Kosten Mulden [€/t]	1,74	1,82
Kosten Radlader [€/t]	0,20	0,22
Kosten [€/t]	1,95	2,04

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	7.976	5.982
Produktivität [t/Jahr]	870.127,5	870.127,5
Anschaffungspreis System [€]	3.500.166	3.500.166
Kosten je Mulde [€/Jahr]	368.835	390.235
Kosten Mulden [€/Jahr]	1.106.505	1.170.705
Kosten Radlader [€/Jahr]	136.749	151.604
Kosten [€/Jahr]	1.243.254	1.322.308
Kosten Mulden [€/t]	1,27	1,35
Kosten Radlader [€/t]	0,16	0,17
Kosten [€/t]	1,43	1,52

2.6.12 System Radlader Liebherr 586 mit CAT 775F & CAT 777D

Die erforderlichen Betriebsstunden beziehen sich auf die Jahresproduktion von 600.000 Tonnen/Jahr und den jeweiligen erreichbaren Förderströmen.

2.6.12.1 Förderung mit CAT 775F & CAT 777D - Vollbesatzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.294	1726
erf. Betriebstage [10h/Tag]	129	173
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	1,9	5,8
Anschaffungspreis System [€]	1.940.531	1.940.531
Kosten je Mulde [€/Jahr]	-	-
Kosten Mulden [€/Jahr]	617.478	663.596
Kosten Radlader [€/Jahr]	145.055	162.678
Kosten [€/Jahr]	762.533	826.273
Kosten Mulden [€/t]	1,03	1,11
Kosten Radlader [€/t]	0,24	0,27
Kosten [€/t]	1,27	1,38

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	4.636	3.477
Produktivität [t/Jahr]	505.740,1	505.740,1
Anschaffungspreis System [€]	1.940.531	1.940.531
Kosten je Mulde [€/Jahr]	-	-
Kosten Mulden [€/Jahr]	595.742	634.615
Kosten Radlader [€/Jahr]	136.749	151.604
Kosten [€/Jahr]	732.491	786.219
Kosten Mulden [€/t]	1,18	1,25
Kosten Radlader [€/t]	0,27	0,30
Kosten [€/t]	1,45	1,55

2.6.12.2 Förderung mit CAT 775F & CAT 777D – Teilbesatzung

	EB 100%	EB 75%
erf. Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.697	2262
erf. Betriebstage [10h/Tag]	170	226
erf. Mehrstunden [Std/Tag]	5,6	10,7
Anschaffungspreis System [€]	1.940.531	1.940.531
Kosten je Mulde [€/Jahr]	-	-
Kosten Mulden [€/Jahr]	569.821	600.054
Kosten Radlader [€/Jahr]	161.502	184.607
Kosten [€/Jahr]	731.323	784.661
Kosten Mulden [€/t]	0,95	1,00
Kosten Radlader [€/t]	0,27	0,31
Kosten [€/t]	1,22	1,31

Erreichbare Produktivität & Kosten in 110 / 145 Betriebstagen

	EB 100%	EB 75%
Betriebsstunden je Mulde [Std]	1.091	1455
Produktivität [t/Tag]	3.536	2.652
Produktivität [t/Jahr]	385.740,0	385.740,0
Anschaffungspreis System [€]	1.940.531	1.940.531
Kosten je Mulde [€/Jahr]	-	-
Kosten Mulden [€/Jahr]	537.433	556.870
Kosten Radlader [€/Jahr]	136.749	151.604
Kosten [€/Jahr]	674.182	708.473
Kosten Mulden [€/t]	1,39	1,44
Kosten Radlader [€/t]	0,35	0,39
Kosten [€/t]	1,75	1,84

2.7 Wegeausbau

Wie bereits erwähnt ist für einen Betrieb größerer Muldenkipper (CAT 775F & CAT 777D) eine Aufbereitung des vorhandenen Fahrweges erforderlich (Abb. 22, Strecke A-B-C), da die Kehren nicht mehr bewältigt werden können und der derzeitige Weg zu schmal für einen reibungslosen Betrieb ist.

Für den Betrieb mit den kleinen Muldenkippern des Typs CAT 771D ist allerdings nur eine Neuerschließung des Erweiterungsgebiets zu berücksichtigen, der vorhandene Weg kann im derzeitigen Zustand weiterhin verwendet werden.

Die Wegstrecke für die Erschließung des Erweiterungsgebiets beträgt ca. 350 m (Abb. 22, Strecke B-C), die Wegstrecke für die Verbreiterung beträgt ca. 850 m (Abb. 22, Strecke A-B), die Aufbereitung der Kehren wird mit einer Wegstrecke zu 45 m/Kehre (entspricht Radius von etwa 15 m) festgelegt, insgesamt betrifft das 7 Kehren (Abb. 22, 1-7).

Es ergibt sich daher eine Gesamtstrecke von 1500 m, welche bearbeitet werden muss.

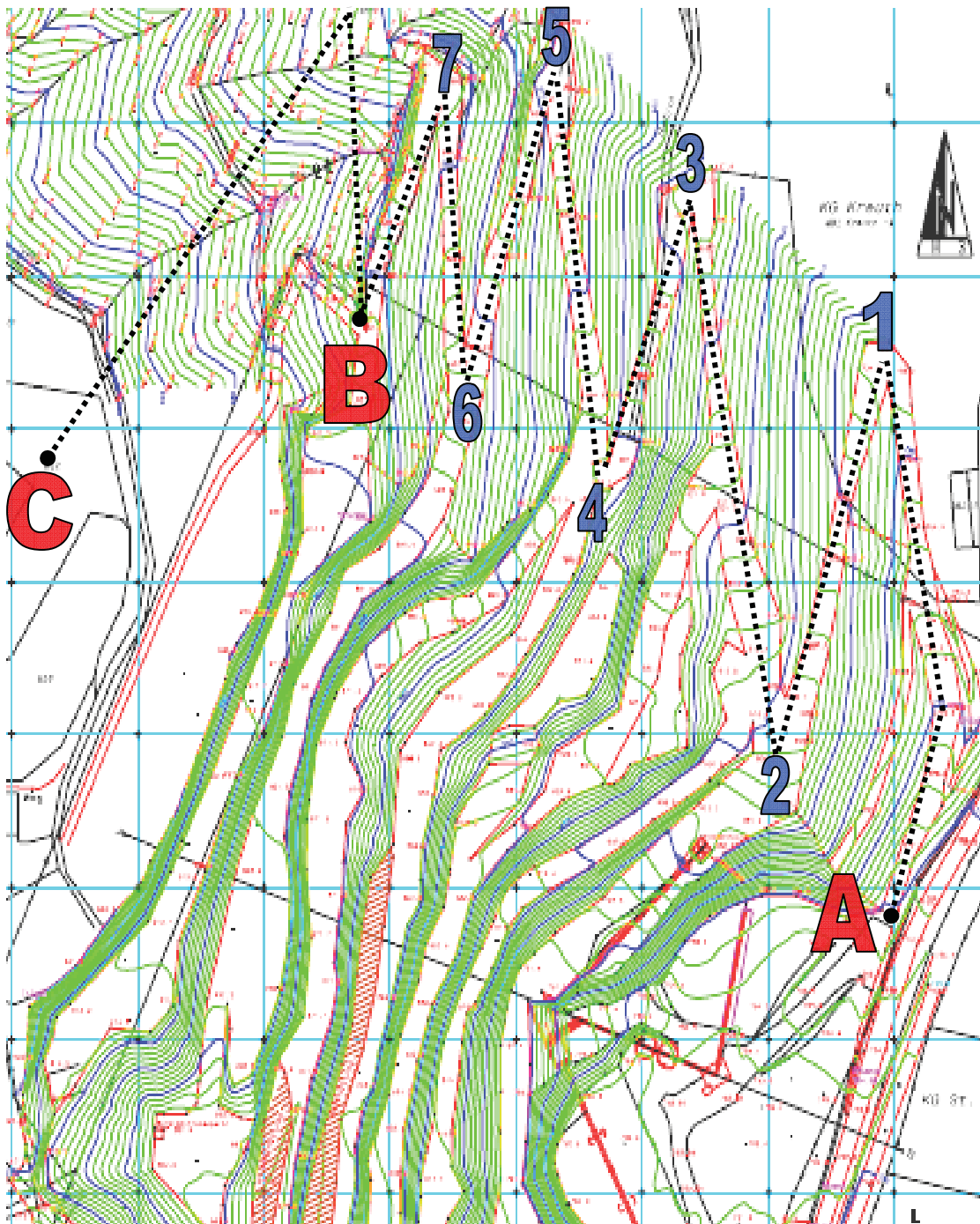


Abb. 22: Wegaufbereitung

2.7.1 Kosten für den Wegeausbau

Für die Neuerschließung sowie die Kehrenaufbereitung werden Kosten in der Höhe von 250 €/lfm festgelegt, für die Verbreiterung 125 €/lfm.

Der erwartete Kostenaufwand für die gesamte Wegaufbereitung ergibt sich somit folgenderweise:

- Für den Betrieb mit Muldenkippern des Typs CAT 775F & CAT 777D:

Gesamtkosten Neuerschließung [€]	208.750,00
Gesamtkosten Kehren	78.750,00
Gesamtkosten Verbreiterung [€]	43.750,00
Kosten Wegherstellung [€]	331.250,00
Kosten Wegherstellung [€/Jahr]	33.125,00
Kosten Wegherstellung [€/t]	0,06

- Für den Betrieb mit Muldenkippern des Typs CAT 771D:

Gesamtkosten Neuerschließung [€]	87.500,00
Kosten Wegherstellung [€/Jahr]	8.750,00
Kosten Wegherstellung [€/t]	0,01

Die jährlichen Wegherstellungskosten wurden auf einen Zeitraum von 10 Jahren angesetzt, die tonnenbezogenen Kosten auf eine Jahresproduktion von 600.000 t/a.

3 Alternative Fördersysteme im Tagebau Bleiberg – Kreuth

Aufgrund der Randbedingungen, die an das Fördersystem gestellt werden, ist die Einsatzfähigkeit konventioneller Methoden begrenzt.

Die prinzipiell einfachste Methode, einen Sturzschaft zu installieren, ist aufgrund des ortsfesten Brechers und der unterschiedlich benötigten und abgebauten Gesteinsgüte nicht möglich (das Gestein wird je nach Bedarf direkt im Brecher gemischt).

Der Einsatz einer Materialeilbahn kann ebenfalls ausgeschlossen werden, da die Belademöglichkeit von unterschiedlichen Etagen nicht gegeben ist, die Korngröße die Möglichkeiten überschreitet und die erforderliche talseitige Entleer- und Umlenkstation schwer realisierbar ist.



Stetigförderer, wie etwa ein Schlauchgurtförderer, sind aufgrund der Korngröße (Körnung bis 1.5 m) nicht realisierbar.

Eine Installation einer Sturzrinne mit Bunker und Abzugsorgan ist durch die hohe Steinschlaggefahr (Steigung bis 85%), die stark eingeschränkte Befahrmöglichkeit des Steinbruchs und durch Zugangsprobleme im Brecherbereich nicht durchführbar.

Somit wird der Einsatz einer Materialstandseilbahn den Anforderungen am besten gerecht. Dieses Fördersystem ist nicht sehr gebräuchlich, dessen Einsatz hat sich aber in diversen Steinbrüchen (Zementwerk Gmunden) bewährt.

Die Überlegungen zur Anwendung im Fall Bleiberg und die Ausarbeitung verschiedener Varianten dazu sind im folgenden Kapitel beschrieben.



4 Materialstandseilbahn

4.1 Betrieb mit pendelnden Förderwagen

4.1.1 Technische Beschreibung

4.1.1.1 Technische Daten

Technische Daten

Höhenunterschied.....	190 m
Bahnneigung.....	33° (89%)
Maximaler Fahrweg.....	350 m
Nutzlast je Förderwagen.....	40 t
Fördergut Diabas mit Korngröße.....	1m ³ / 1.5 m
Fördergut Schüttdichte.....	1.65–1.7 t/m ³
Förderwagengewicht.....	17 t
Maximaler Seilzug.....	18 t
Förderseile – 2 Stück Seile Ø 44 mm, Seale-Machart, Bruchlast.....	155 t
Fahrgeschwindigkeit bei Motordrehzahl 1500 U/min.....	3 m/s
Förderleistung	
Beladen ... 120 s	
<u>Talfahrt</u> ... <u>125 s</u>	
Summe ... 245 s	
Förderstrom:	ca. 14.5 Spiele/h á 40 t ca. 580 t/h



4.1.1.2 Bestimmung der Fahrzeiten

4.1.1.2.1 Beladung mit Radlader

Zeitlich ist es aufgrund der langen Fahrzeit möglich, dass der Radlader stets mit Material bereitsteht. Während der Förderwagenfahrt wird neues Material aufgenommen, währenddessen erreicht der Förderwagen die Beladestation und der Radlader hat seine Förderschleife abgeschlossen. Daher ist keine Wartezeit miteinzubeziehen. Für die Beladung ist eine zusätzliche Förderschleife des Radladers bzw. der Radlader vorgesehen.

Die angegebenen Zeiten beziehen sich auf Auswertungen im Steinbruch und auf die Literatur [1].

t_A Aufnahme des Förderguts..... 64 s

t_F Fahrzeit 80 m bei 10 km/h... 28 s

Zeit für eine Förderschleife

$$t_{RL} = t_A + 2 \cdot t_F \quad t_{RL} = 120s$$

4.1.1.2.2 Förderwagen

Die Werte für Fahrgeschwindigkeit sowie Beschleunigung und Verzögerung beziehen sich auf Erfahrungswerte einer bestehenden Anlage mit Verweis auf Verordnungen.

s ... Streckenlänge 350 m

v ... Fahrgeschwindigkeit (Abb. 23) 3 m/s

a_b ... Beschleunigung 0.3 m/s²

a_v ... Verzögerung 0.3 m/s²

Wegstrecke Beschleunigung

$$s_B = \frac{v^2}{2a_b} \quad s_B = 15m$$

Zeit für Beschleunigung

$$t_B = \frac{v}{a_b} \quad t_B = 10s$$

Wegstrecke Verzögerung	$s_V = \frac{v^2}{2a_v}$	$s_V = 15m$
Zeit für Verzögerung	$t_V = \frac{v}{a_v}$	$t_V = 10s$
Fahrstrecke mit konstanter Geschwindigkeit	$s_0 = s - s_B - s_V$	$s_0 = 320m$
Fahrzeit mit konstanter Geschwindigkeit	$t_F = \frac{s_0}{v}$	$t_F = 105s$
Zeit für einen Fahrzyklus	$t_{FW} = t_F + t_V + t_B$	$t_{FW} = 125s$

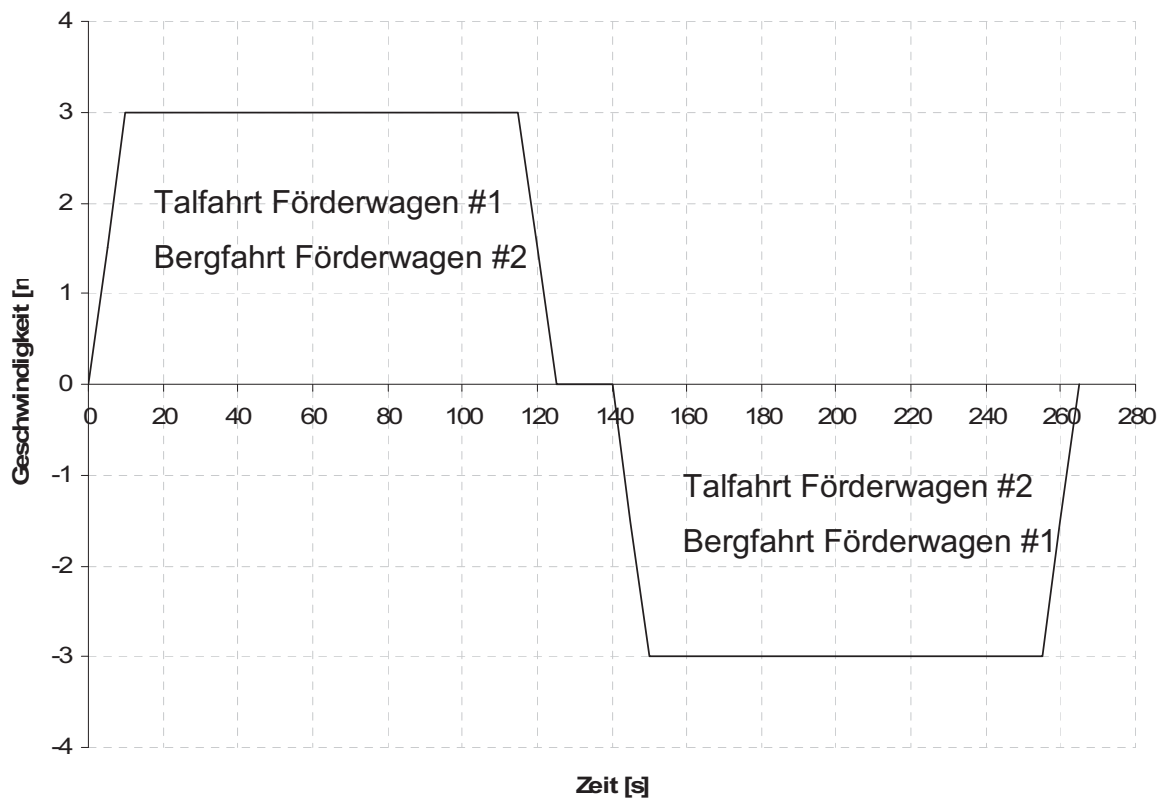


Abb. 23: Geschwindigkeitsverlauf des Förderwagens

4.1.1.2.3 Gesamtzykluszeit

Die Gesamtzeit für einen Förderzyklus ergibt sich wie folgt:

$$t = t_{Bel} + t_{FW} \quad t = 120s + 125s = 245s$$

4.1.1.2.4 Gesamtförderstrom

Mit der Gesamtzykluszeit von 245 s und einem Förderkübelinhalt von 40 t ergibt sich

ein theoretischer Förderstrom von ca.:
$$Q = \frac{40t}{245s \cdot \frac{1}{3600}} = 580t/h$$

4.1.2 Beladung

4.1.2.1 Radlader im Load & Carry - Betrieb

Um den geforderten Förderstrom erreichen zu können, wird ein Radlader mit einer Schaufelgröße von 12 m³ benötigt. Da in der Anschaffung ein Radlader dieser Größenordnung kostenintensiv ist, wird alternativ ein Betrieb mit zwei kleineren Radladern mit einer Schaufelgröße von jeweils 6 m³ vorgeschlagen. Die Investitionskosten sind kleiner und es bietet nebenbei auch den Vorteil, dass bei Ausfall eines Radladers immer noch ein Betrieb der Anlage mit vermindertem Förderstrom möglich ist, da dann immer noch ein Radlader verfügbar ist.

Da seitens der Firma A&B der Ankauf eines Radladers Typ Liebherr 586 – Schaufelvolumen 5.5 m³ vorgesehen ist, wäre ein Betrieb zusammen mit einem zusätzlichen 6.5 m³ Radlader, z.B. CAT 988H – 6.9m³, möglich.

4.1.2.2 Beladestation

Da die Genauigkeit (± 3 m) durch das Sprengen der Trasse unzureichend ist, sind an den Seitenwänden der Trasse an den Beladestationen Betonmauern (Höhe 0- 10 m) eingeplant (Abb. 24 zeigt den Fall an der Ausweichstelle, Querschnitt siehe Abb. 25).

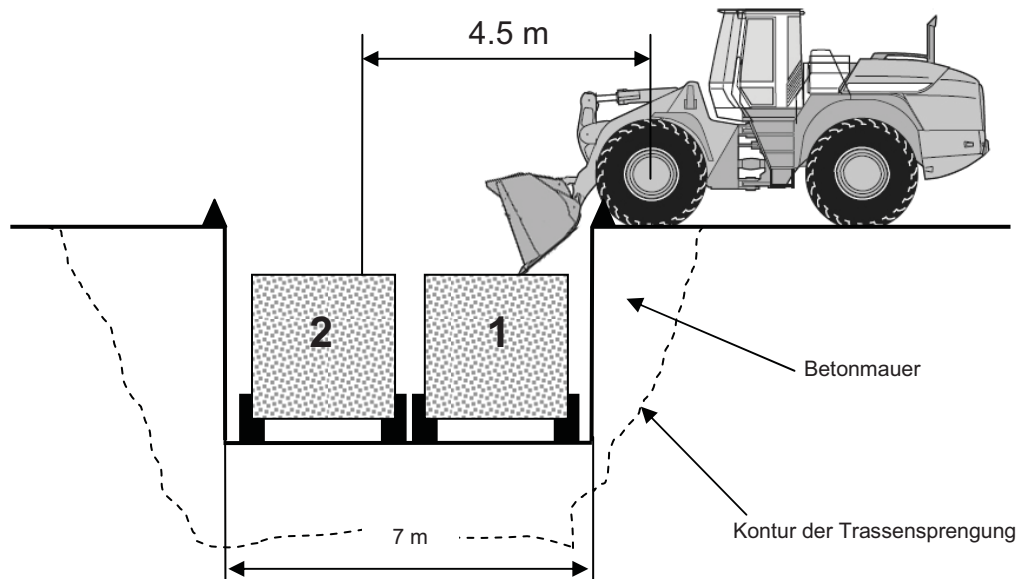


Abb. 24: Beladestation

Da die Trassenbreite maximal 7 m beträgt (an der Ausweichstelle) und für die Beladung des Förderkübels 2 eine Ausladung von ca. 4.5 m benötigt wird, ist es für den Radlader nicht möglich, den Förderkübel 2 zu beladen. Die Reichweite eines Radladers beträgt ca. 3 m.

Daher ist bei dieser Variante eine Überfahrmöglichkeit bei jeder Etage entlang der Ausweichstelle einzuplanen. Eine Überbrückung der Beladestation, um die gegenüberliegende Seite erreichen zu können, wird unter 4.1.4.2 beschrieben.

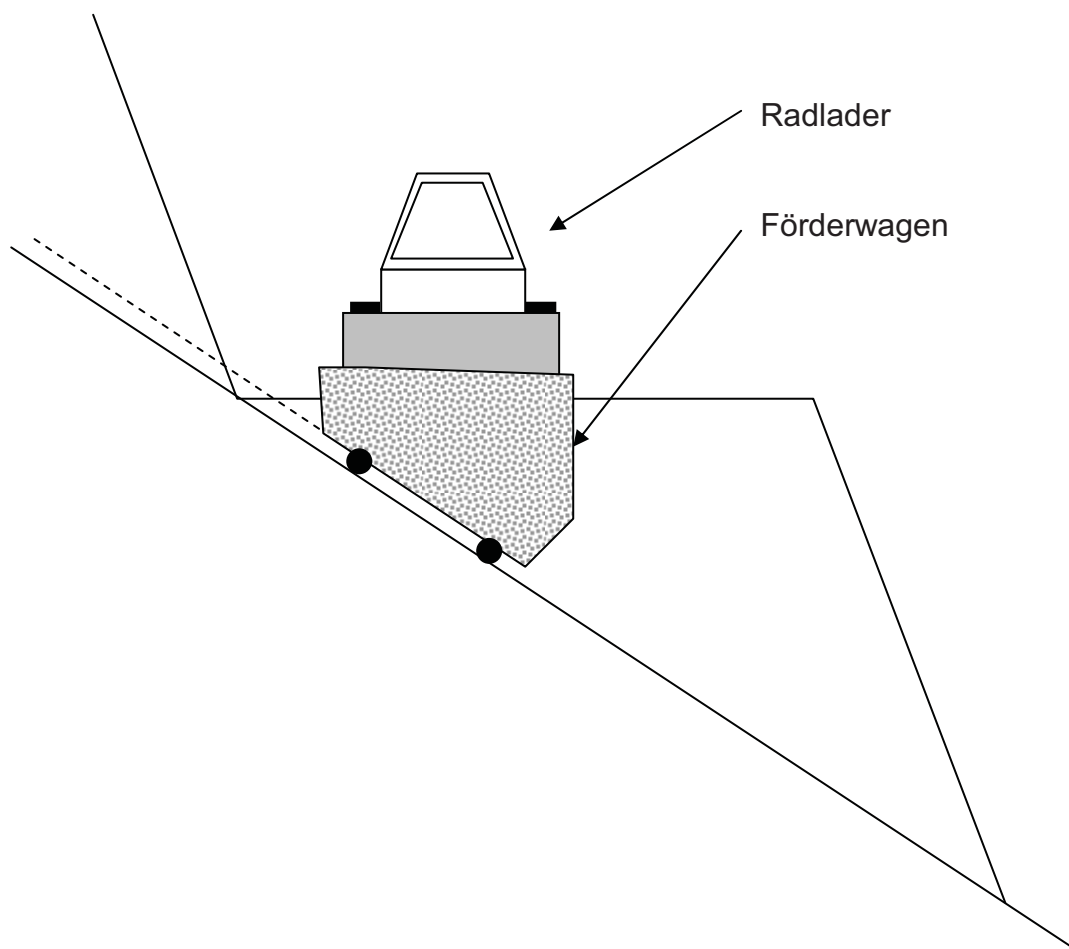


Abb. 25: Beladestation im Querschnitt

Um diese Problematik zu umgehen, wäre es denkbar, eine Stahlbautrasse (Fachwerkskonstruktion) einzusetzen. Vorteil dieser ist es, dass keine Überbrückungen benötigt werden und die Kosten niedriger ausfallen (Abb. 26).

Der Förderwagen kann dadurch ebenerdig beladen werden, die Ausladung des Radladers reicht hierfür aus (ca. 4-5 m, je nach Radladertyp).

Ein weiterer Vorteil dieser Variante ist es, dass die Gefahr eines Felssturzes bis ins Tal eingedämmt wird, das Gestein fällt schlimmstenfalls auf die nächste Etage.

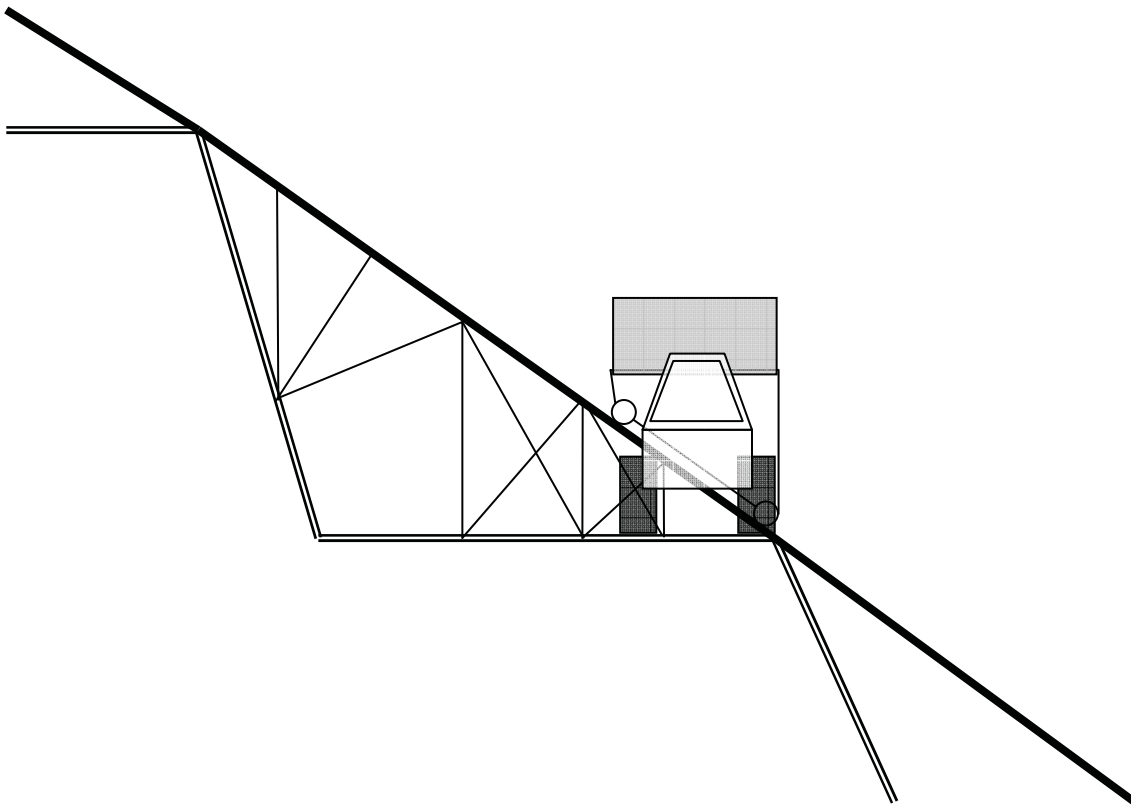


Abb. 26: Stahlbautrasse im Querschnitt

4.1.3 Antriebssystem

4.1.3.1 Allgemeines

Das Antriebssystem ist als Zweiseilmaschine mit vertikaler, mehrrolliger Treibscheibe (Abb. 27 und Abb. 28) ausgebildet.

Um den entsprechenden Umschlingungswinkel zu erreichen ist der Seiltrieb mit einer zusätzlichen Umlenkscheibe ausgestattet.

Die Treibscheibe ist mit einem Bremskranz versehen für die Sicherheits- bzw. Hauptbremse. Einerseits ist die Treibscheibe gelagert, andererseits direkt mit einem mehrstufigen Getriebe verbunden.

Die Umlenkscheibe ist beidseitig in Lagerböcken gelagert.

Über eine Kupplung und die Betriebsbremse ist das Getriebe mit einer Wechselstrommaschine verbunden. Diese Maschine ist gedacht als Fahrbremse und bewirkt eine generatorische Bremsung des Förderwagens / Gegengewichts und kann auch als Motor für mögliche Transporte vom Tal auf den Berg herangezogen werden.

Für die Steuerung des Antriebssystems erfolgt vollautomatisiert und könnte mit der Steuerung des Brechers kombiniert werden und so die gesamte Anlage zentral gesteuert werden. Zusätzlich ist eine Installation einer Videoüberwachung sinnvoll.

Für die Anbindung der Anlage an das Stromnetz werden entsprechende Kabel benötigt, die entlang der Steinbruchgrenze verlegt werden. (Strecke zu ca. 650 m).

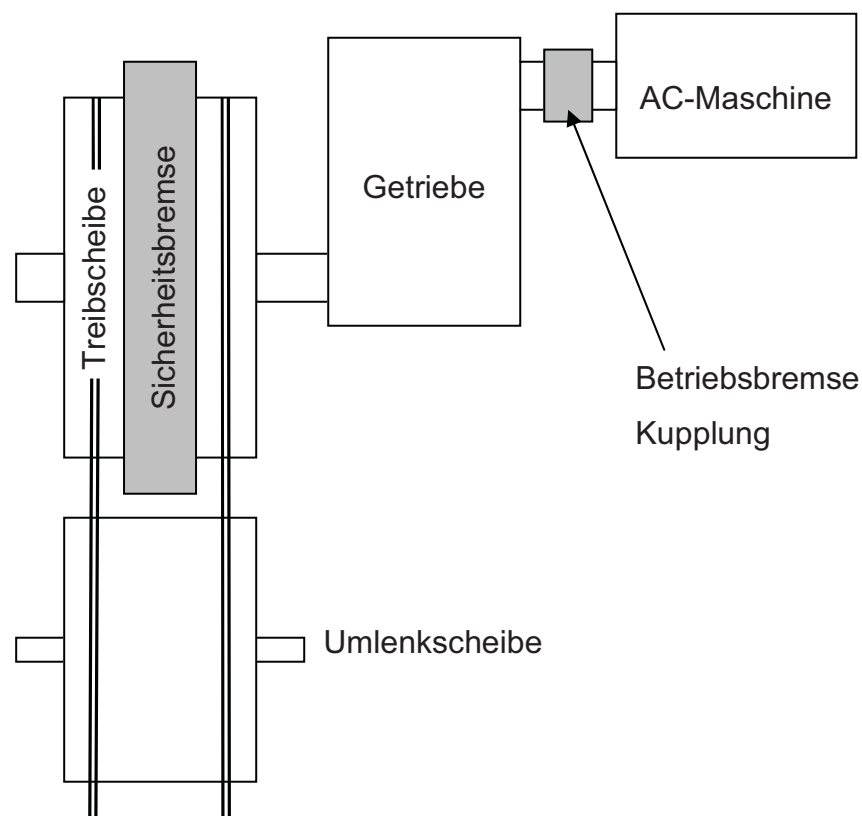


Abb. 27: Antriebssystem

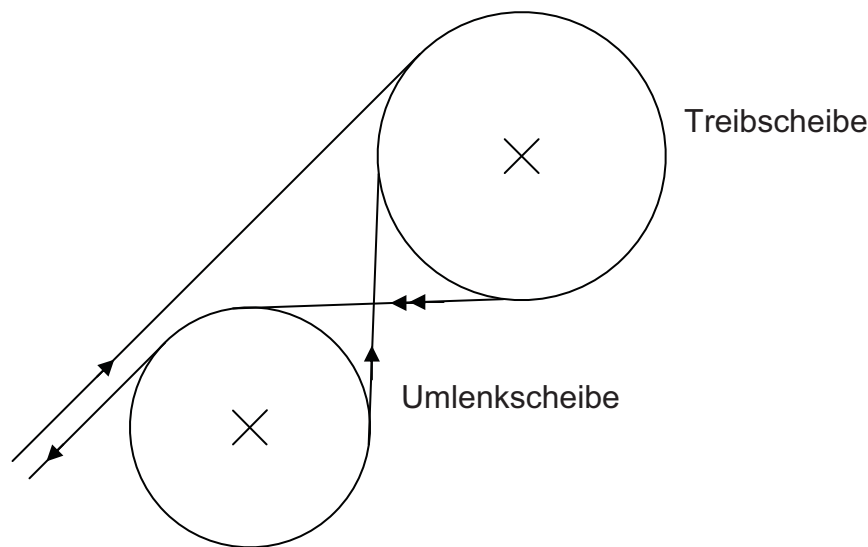


Abb. 28: Prinzip Treibscheibe

4.1.3.2 Treibscheibe

Die vertikal positionierte Treibscheibe ist als Schweißkonstruktion mit Kunststofffutter gedacht um bessere Reibwerte zu erreichen (Treibfähigkeit Seil - Treibscheibe). Der Umschlingungswinkel beträgt ca. 800° , die Treibfähigkeit ist in jedem Fall gewährleistet.

Der erforderliche Durchmesser der Treibscheibe ergibt sich aus dem Seildurchmesser und wird mit 2500 mm angesetzt.

Der Durchmesser der Umlenkscheibe beträgt 2300 mm.

4.1.3.3 Getriebe

Das Getriebe ist als mehrstufiges Stirnradgetriebe mit Tauchschmierung vorgesehen, das Gehäuse als Schweißkonstruktion ausgeführt. Die erforderliche Übersetzung beträgt dabei $i=63$ ($n_1=1500\text{min}^{-1}$, $n_2=24\text{min}^{-1}$). Somit wird bei konstanter Fahrgeschwindigkeit von 3m/s die stationäre Drehzahl der Wechselstrommaschine erreicht.

4.1.3.4 Bremssystem

Das Bremssystem besteht im Allgemeinen aus 3 Bremsen, der Sicherheits- und Hauptbremse sowie einer Betriebsbremse und einer Fahrbremse (Abb. 27). Diese Anordnung ist im Seilbahnbau üblich und auch gesetzlich vorgeschrieben.

4.1.3.4.1 Sicherheits- und Hauptbremse

Nach Vorschrift wirkt die Sicherheits- und Hauptbremse direkt auf einen Bremskranz an der Treibscheibe. Vorgesehen ist dazu eine Scheibenbremse, die federgespannt ist und nur mittels Hydraulik entlüftet werden kann. Das garantiert ein sicheres Bremsen der Anlage bei Ausfällen an der Elektrik und Hydraulik bzw. in Not-Aus-Situationen. Die erreichbare, über eine Drossel geregelte Verzögerung der Bremse liegt bei 0.7m/s^2 .

Durch diese Umstände ist diese Bremse mit einem Bremsmoment von rund 350kNm sehr gut dimensioniert.

Für das Bremssystem ist eine Hydraulikanlage erforderlich, um die Versorgung der Sicherheits- und Hauptbremse und in weiterer Folge auch der Betriebsbremse zu ermöglichen.

4.1.3.4.2 Betriebsbremse

Die Betriebsbremse wird zum Halten der Last beim Entladevorgang vorgesehen, da die Bremsung bis zum Stillstand mit der Fahrbremse erfolgt. Ausgeführt ist die Betriebsbremse als Scheibenbremse, die direkt auf das Vorgelege wirkt. Diese ist ebenfalls federgespannt und wird mittels Hydraulik entlüftet. Durch das zwischengeschaltete Getriebe fällt diese Bremse kleiner aus als die Sicherheits- und Hauptbremse. Die Bremse ist für ein Bremsmoment / Haltemoment von 4500 Nm ausgelegt.

Alternativ könnte auch eine Trommelbremse verwendet werden, ist aber in der Seilbahntechnik nur mehr wenig in Verwendung und bietet gegenüber der Scheibenbremse einige Nachteile – z.B. schlechtere Bremswirkung, thermische Belastbarkeit und Kühlung.

4.1.3.4.3 Fahrbremse

Um die konstante Geschwindigkeit von 3 m/s halten zu können wird über die gesamte Fahrstrecke generatorisch mit der Wechselstrommaschine gebremst. Mit dieser Methode ist es möglich, die Energie auf elegante Weise zurück zu gewinnen. Der damit erzeugte Strom kann so zur Abdeckung des Energiebedarfs der Aufbereitungsanlage verwendet werden, der mögliche Stromüberschuss bei Überproduktion kann durch Energierückspeisung in das Netz entgeltlich gemacht werden.

4.1.3.4.4 Generator bzw. Antriebsmotor

Die Wechselstrommaschine ist als 4-polige Niederspannungsmaschine ausgeführt mit einer stationären Drehzahl von $n_1=1500^{-1}$. Die benötigte Leistung für den Bremsbetrieb beträgt maximal 750 kW (Verzögerung des beladenen Förderwagens; 400V, 50Hz). Zusätzlich wird aufgrund der ungünstigen Betriebsarten (kein stationärer Betrieb) eine Fremdbelüftung benötigt, damit die Maschine nicht überhitzt. Grundsätzlich ist die Maschine als wartungsfrei anzusehen. Gegenüber dem noch immer weit verbreiteten Einsatz von Gleichstrommaschinen (wird nach und nach ersetzt) hat die Wechselstrommaschine die Vorteile, dass im generatorischen Betrieb keine Netzurückwirkung eintritt und dass die Maschine gegenüber Spannungsschwankungen unempfindlich ist.

Der kombinierte Einsatz von Betriebs- und Generatorbremse ist im Pendelbetrieb ungünstig, die rein motorische Leistung für eine Fahrt mit leeren Förderwagen beträgt rund 70 kW, die Betriebsbremse müsste eine Leistung von rund 680 kW (340000 Nm) erbringen, eine Netzurückspeisung bei so geringen Leistungen wäre nicht lohnend. Daher wäre eine gleichmäßigere Aufteilung der Bremsleistung (750 kW) sinnvoll (50% generatorische Bremse, 50% mit Betriebsbremse).

4.1.3.4.5 Speisung

Die Speisung und Drehzahlregelung der Wechselstrommaschine erfolgt über einen Stromumrichter. Dieser ist für einen Vierquadrantenbetrieb ausgelegt, der die verschiedenen Betriebszustände wie Drehrichtungsumkehr (Bergfahrt, Talfahrt), Generatorbetrieb (während des Bremsens) und auch einen Motorbetrieb zulässt. Ausgestattet ist der Umrichter mit einer 6-pulsigen Einspeisung, alternativ kann als Ersatz ein Umrichter mit selbstgeführter, gepulster Einspeise-Rückspeiseeinheit verwendet

werden. Die Leistung des Umrichters ist auf die Wechselstrommaschine abgestimmt und beträgt 750 kW.

4.1.3.4.6 Energierückgewinnung

Im Schnitt steht im Betrieb der Anlage eine Leistung von 700kW bereit, prozentuell beträgt die Leistungsausbeute ca. 51% (ergibt sich aus den Zykluszeiten).

$$\text{Ausbeute} = \frac{t_{FW}}{t} \qquad \text{Ausbeute} = \frac{125s}{240s} \qquad \text{Ausbeute} = 51\%$$

Dies ergibt eine mögliche rückgewinnbare Energie von 3570 kWh bei 10 h Betrieb.

$$E = \text{Leistung} \cdot 10h \cdot \text{Ausbeute} \qquad E = 700kW \cdot 10h \cdot 0.51 \qquad E = 3570kWh$$

4.1.4 Gleisanlage

4.1.4.1 Trasse

Die Trasse wurde zentral der Steinbruchmitte gelegt aufgrund der geplanten Nord-West-Erweiterung des Steinbruchs. Die Länge der Trasse beträgt 350 m, die vom Förderwagen befahrbare, nutzbare Trasse hat eine Länge von 325 m.

Die Trassenmitte weicht ca. 30° von der Brechermittellinie ab (Abb. 30 - e), die Zuführung der Trasse zum Brecherschacht erfolgt an der Südwestseite des Brechers (Abb. 30 – c). Die gesamte Anordnung ist auch in der Grundrisszeichnung einzusehen (Abb. 30).

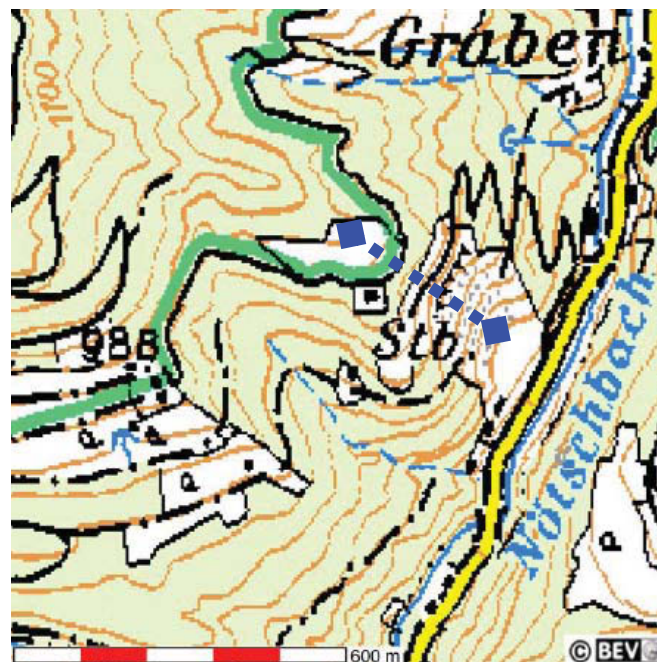


Abb. 29: Lage der Trasse

Der Höhenunterschied zwischen der Antriebsstation und der Entladestation beträgt ca. 190 m und wurde wie die Lage der Antriebsstation anhand einer topographischen Karte ermittelt (Abb. 29).

Die mittlere Neigung der Trasse beträgt rund 33° und ist in der Schnittzeichnung ersichtlich (Abb. 31). Die Trasse sollte so geradlinig wie möglich sein, eine Abweichung zu einer konkaven Form ist eher ungünstig, da das Seil dann die Tendenz zum Abheben hat.

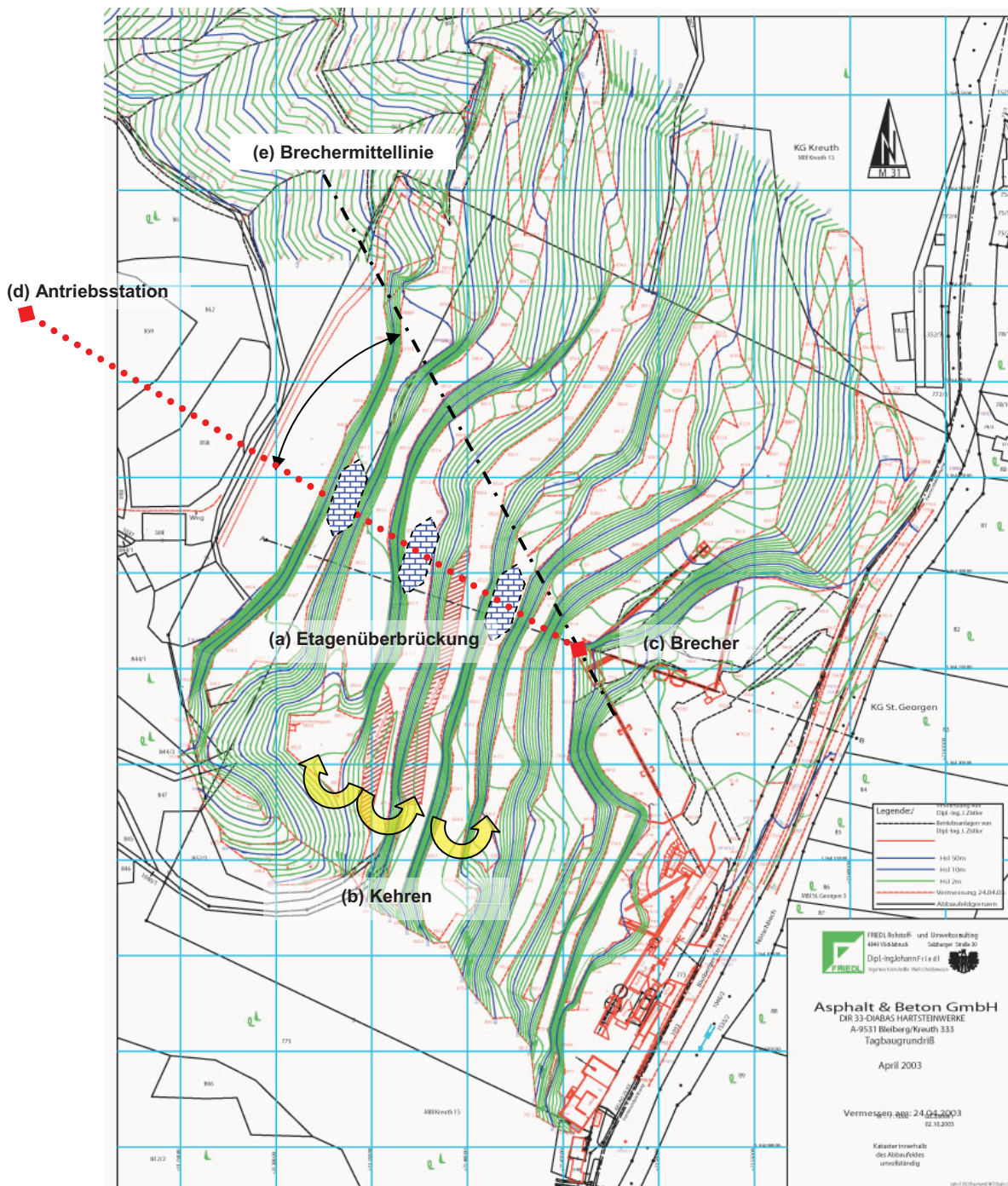


Abb. 30: Lage der Trasse, Grundriß

Die Herstellung erfolgt durch Einsprengen einer rund 6 m (± 3 m) breiten bzw. an der Ausweichstelle einer rund 9 m (± 3 m) breiten Rinne in den Berg und anschließender Betonierung eines Fundamentes sowie Mauern an den Beladestellen. Durch die seit-

lichen Etagenwände, die sich durch diese Anordnung ergeben, ist zusätzlich ein guter Schutz gegen Seitenwind gegeben.

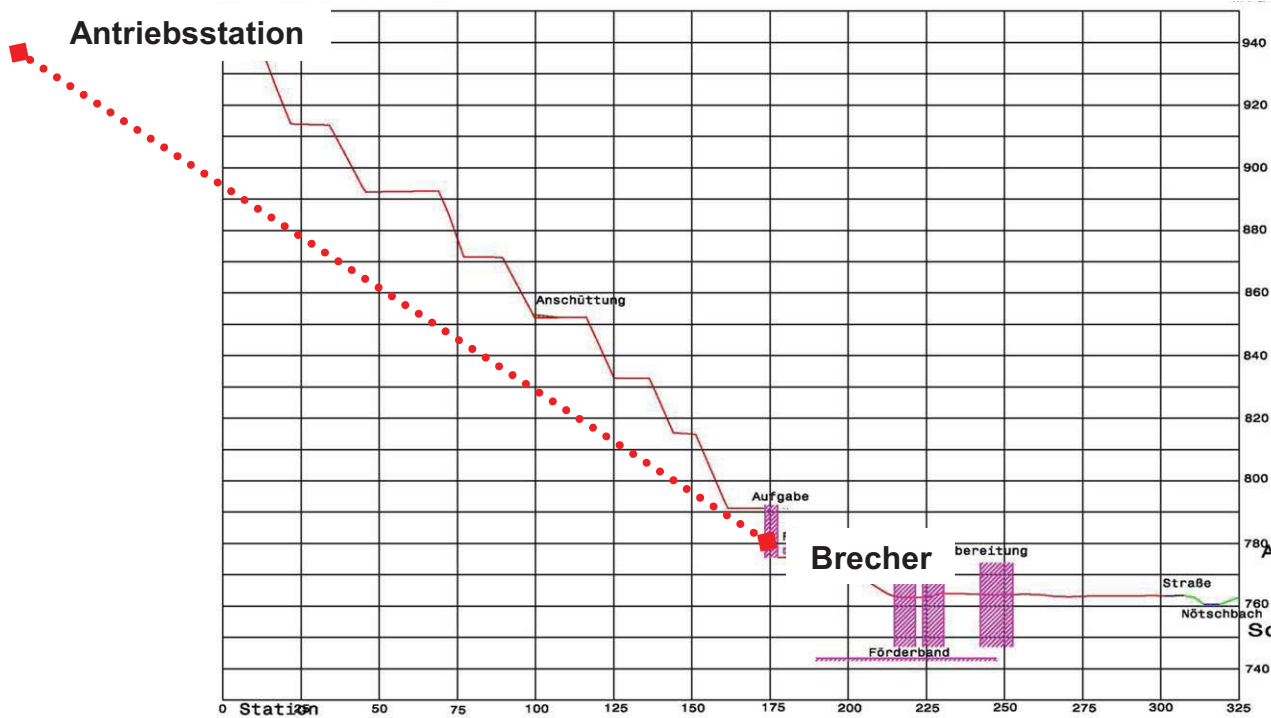


Abb. 31: Lage der Trasse, Schnitt

4.1.4.2 Zugängigkeit der Etagen

Um die Zugängigkeit der Etagen aufrecht zu erhalten, werden mehrere Überbrückungen (Abb. 30 – a) benötigt. Vorgeschlagen wird der Einsatz von zwei bis drei Brücken in Stahlkonstruktion mit einer Nutzlast von etwa 100 t (zulässiges Gesamtgewicht eines Radladers des Typs CAT 990H beträgt ca. 78 t). Vorteil der Stahlkonstruktion ist die Möglichkeit der Demontage.

Diese Gegebenheit ermöglicht die Versetzung einer Überbrückung an die jeweilige Abbauetage, die restlichen Überbrückungen können länger ortsfest montiert sein.

Zusätzlich werden auf der linken Seite des Steinbruches Kehren und Rampen benötigt, die durch Sprengen und entsprechender Nachbearbeitung hergestellt werden.

4.1.4.3 Schienenführung

Die Schienenführung ist ein- bzw. zweigleisig gestaltet mit einer längeren Ausweichstelle. Die Lage der Ausweichstelle wurde optimiert und ist in Abb. 32 zu sehen. Dadurch wird bei fortschreitendem Abbau ein Umbau der Ausweiche vermieden.

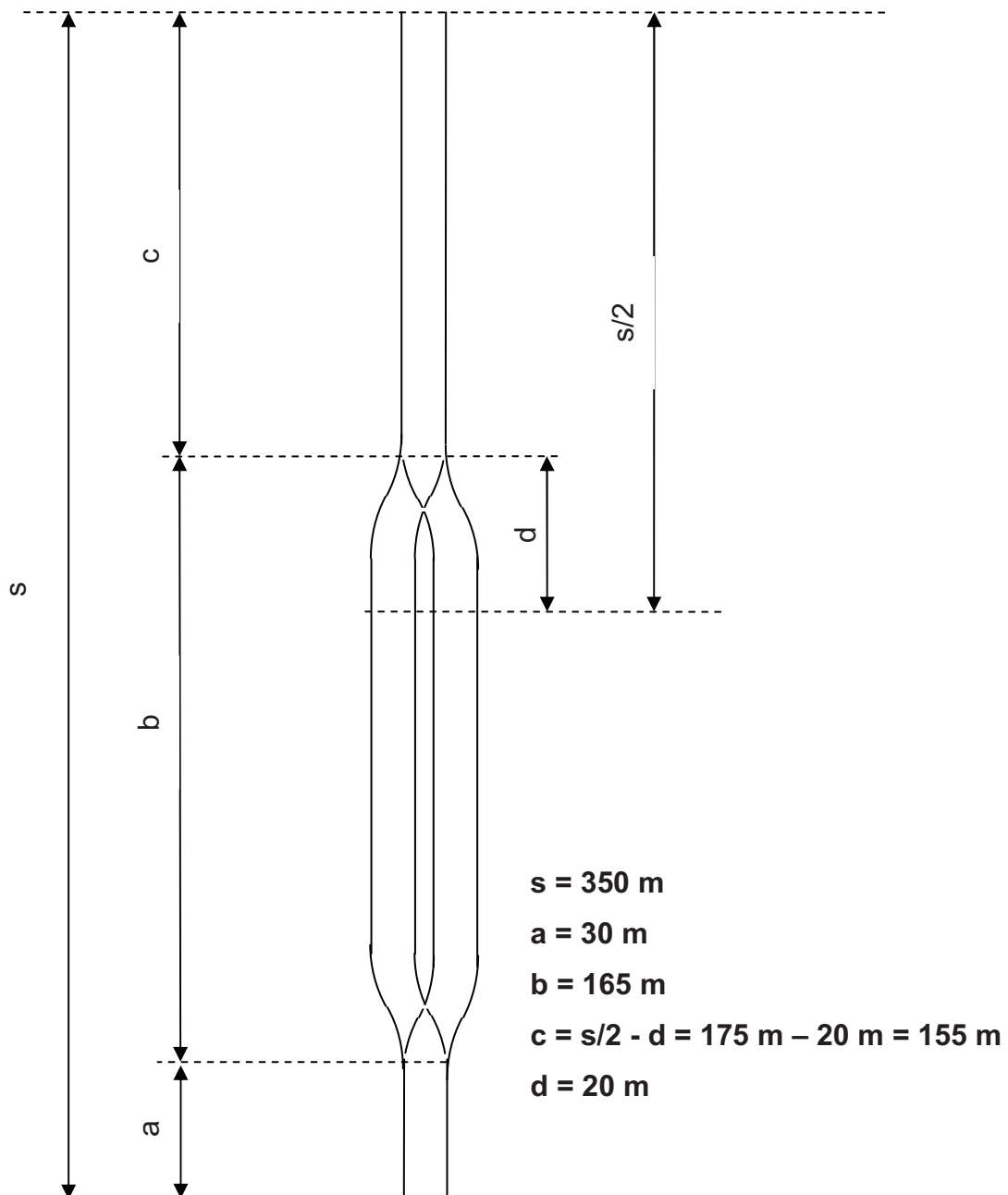


Abb. 32: Schienenführung

Vor der Entladestation befindet sich eine Weiche, die die beiden Gleise auf ein einziges Gleis zusammenführt damit eine doppelte Entladestation entfällt.

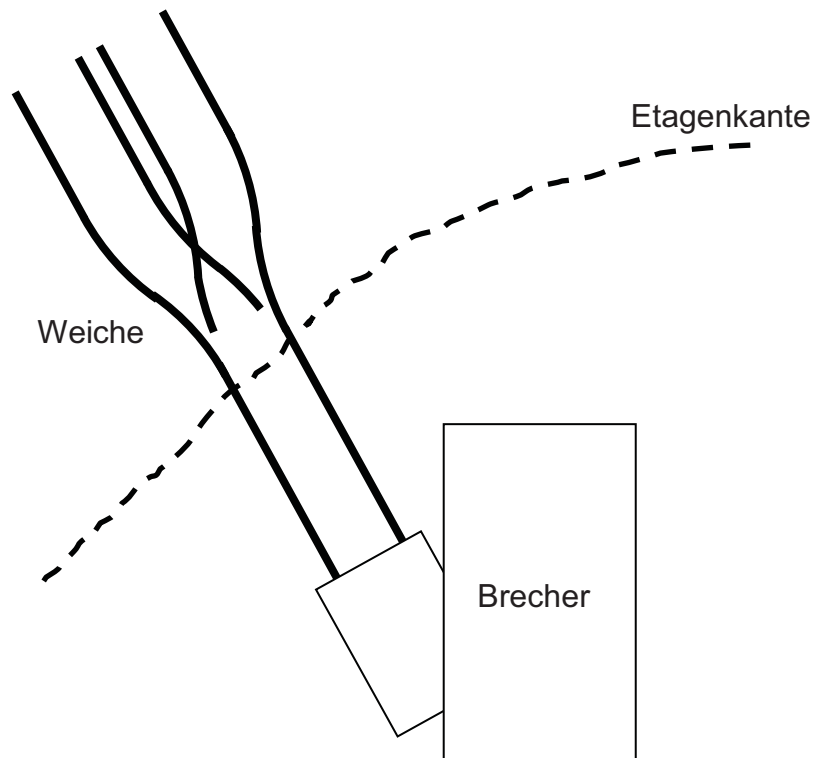


Abb. 33: Gleisführung vor der Entladestation

Als Schienen dienen handelsübliche Vignolschienen, die stoßweise (Schiene á 12 m) montiert werden. Die Befestigung der Schienen im Fundament muss beweglich gestaltet sein (z.B. mit Pratzen verschraubt) um Wärmeausdehnungen kompensieren zu können. Die Spurweite wird mit 2000 mm gewählt.

Die Schienen für die Weichen bestehen aus gebogenen Vignolschienen und sind fix montiert und nicht verstellbar (Prinzip Abt'sche Weiche).

Die Anordnung der beiden Förderkübel ist in Abb. 34 zu sehen.

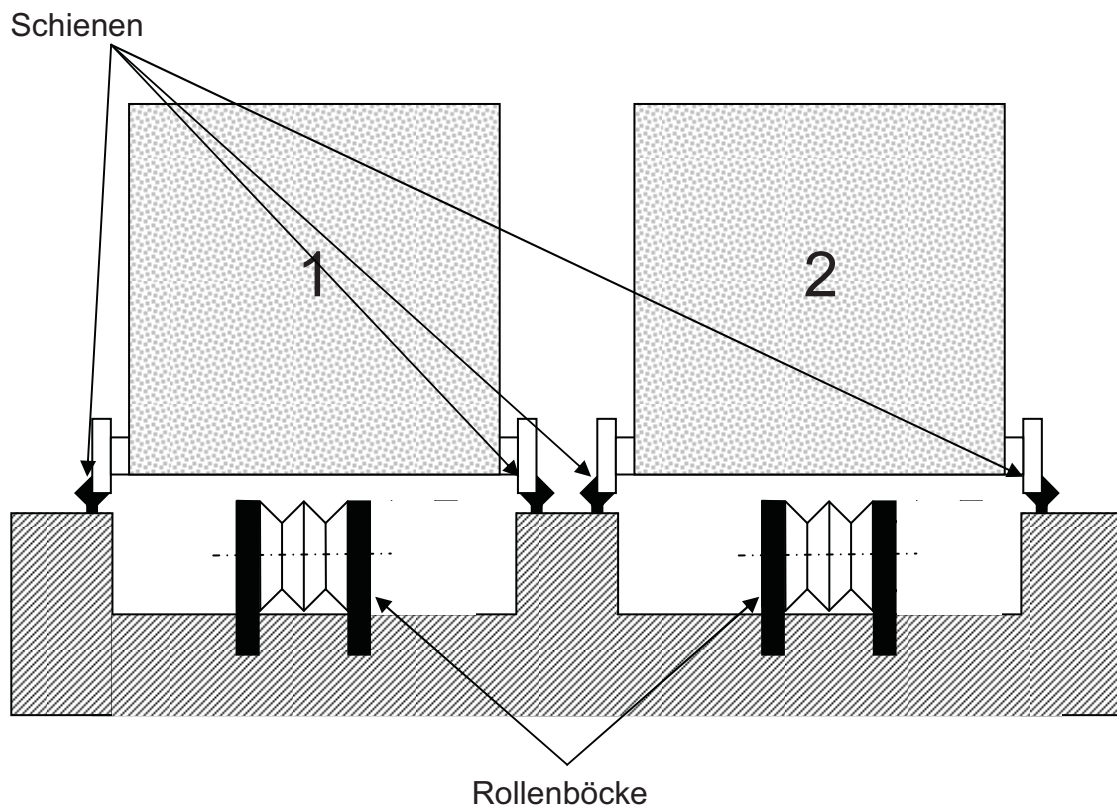


Abb. 34: Gleisführung

4.1.4.4 Seil

Als Seil ist ein Gleichschlagseil zu verwenden, da diese Art von Seil einen besseren Reibschluss zulässt, was für die Treibfähigkeit von entscheidender Bedeutung ist. Nachteil dieser Seilart ist seine nicht drehfreie Eigenschaft, d.h. das Seil neigt zum Verdrehen um seine eigene Achse. Dies kann durch die Seilführung kompensiert werden.

Im Seilbahnbau ist die Verwendung von 6-litzigen Seale-Seilen mit Kunststoffeinlage sehr verbreitet, daher wird ein solches für die Anlage vorgeschlagen. Die erwartete Lebensdauer solcher Seile bewegt sich im Bereich Jahre – Jahrzehnte. Dies setzt einen guten Korrosionsschutz und gute Wartung (nachölen) voraus.

Zudem sind die Seile periodisch auf Sicht zu prüfen sowie regelmäßig magnetinduktiv und mittels Durchstrahlung zu überprüfen.

Gefordert wird unter erschwerten Bedingungen wie z.B. Steinschlag (Sprengen) eine 8-fache Sicherheit des Seiles gegen Bruch, wie in [3], [7] und [8] erläutert wird. Um zusätzlichen Schutz während einer Sprengung bieten zu können, wäre es sinnvoll, das Seil mit einem entsprechenden Seilschutz zusätzlich schützen zu können, welcher wie in Abb. 35 angedeutet aussehen könnte.

Dieser Seilschutz wird vom Zugseil getragen und besteht aus einem Blechprofil (etwa 10 mm Stärke) mit integrierten Seilrollen aus Kunststoff (Gewichtersparnis). Montiert wird der Seilschutz in Segmenten zu etwa 5 m (Abb. 36), die Segmente sind beweglich miteinander verbunden (Seildurchhang). Rasches An- und Abbauen der Vorrichtung wird durch das offene Blechprofil gewährleistet, da die Segmente nur am Seil eingehängt werden müssen.

Die Sicherung erfolgt durch ein Drahtseil, welches das erste Segment mit der Bergstation verbindet.

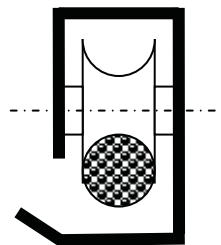


Abb. 35: Seilschutz für Sprengungen

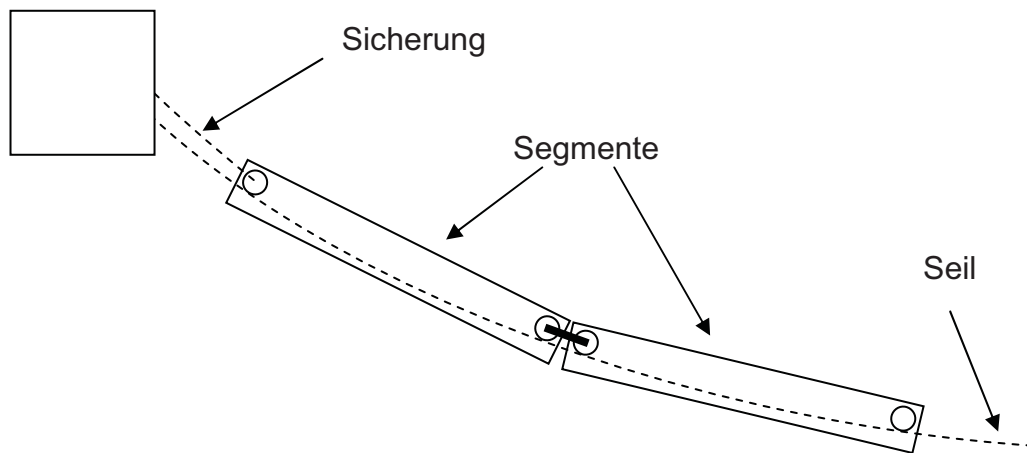


Abb. 36: Seilschutzsegmente

4.1.4.5 Seilführung

Um ein Schleifen des Seiles am Boden entlang der Trasse zu vermeiden sind Seilführungsrollen erforderlich. Die Rollenböcke sind im Abstand von etwa 10 m angebracht (ergibt eine Anzahl von ca. 35 Stück verteilt über die Trasse) und als Rollen mit Gummifutter ausgestattet. Ein Rollenbock besteht dabei jeweils aus 2 bzw. 4 nebeneinander gereihten Rollen (da 2 Seilstränge je Förderwagen), der Rollenbock ist in die Trasse eingelassen um das Überfahren der Förderwagen zu gewährleisten (siehe auch Abb. 34).

Unter der Antriebsstation ist eine zusätzliche Seilführung erforderlich um die Seilstränge voneinander zu trennen und ein gegenseitiges Aufschlagen der Seile zu vermeiden (Abb. 38). Die Seilablenkung sollte dabei so klein wie möglich sein, damit kein unnötiger Verschleiß an der Treib- und Spannscheibe auftritt. Maximal darf die Seilablenkung bei gefütterten Scheiben rund 6° (0.1 rad) betragen [7].

Aufgrund der mehrfachen Seilstränge und der höheren Anzahl an Einsicherungen gestaltet sich eine korrekte Seilführung kompliziert, speziell an der Ausweichstelle (Abb. 37).

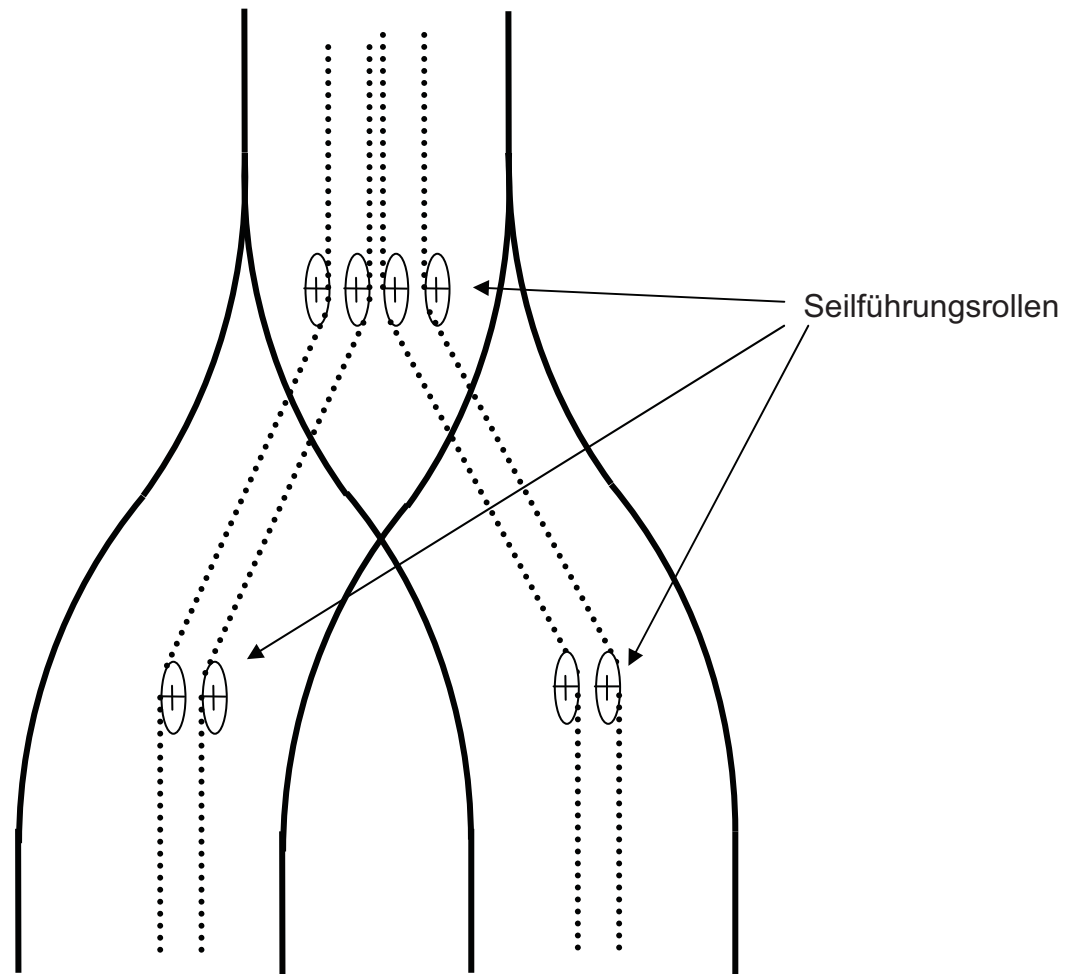


Abb. 37: Seilführung an der Ausweichstelle

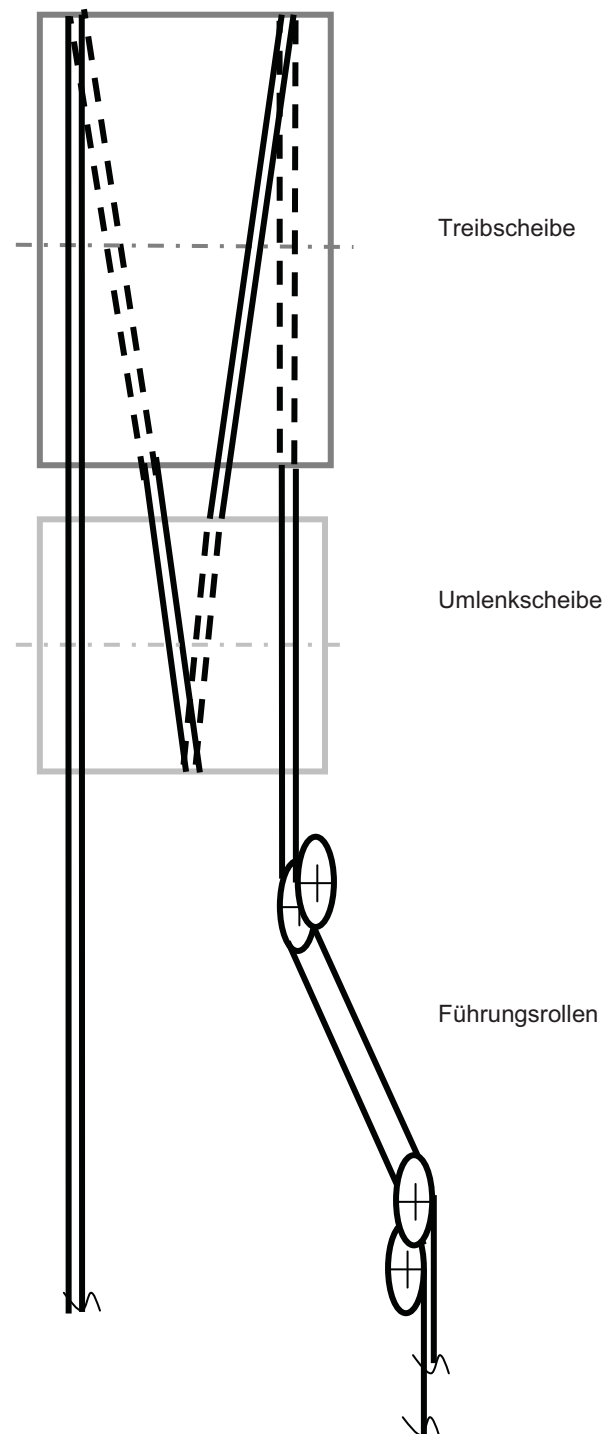


Abb. 38: Führungsrollen bei der Antriebsstation

Zusätzlich wird bei fortschreitendem Abbau eine Seilführung benötigt um ein Aufeinander schlagen der Seile zu verhindern (Abb. 39, Abb. 40). Diese ist als schwebende Rollenbatterie angeordnet und wird mit Seilen verspannt.

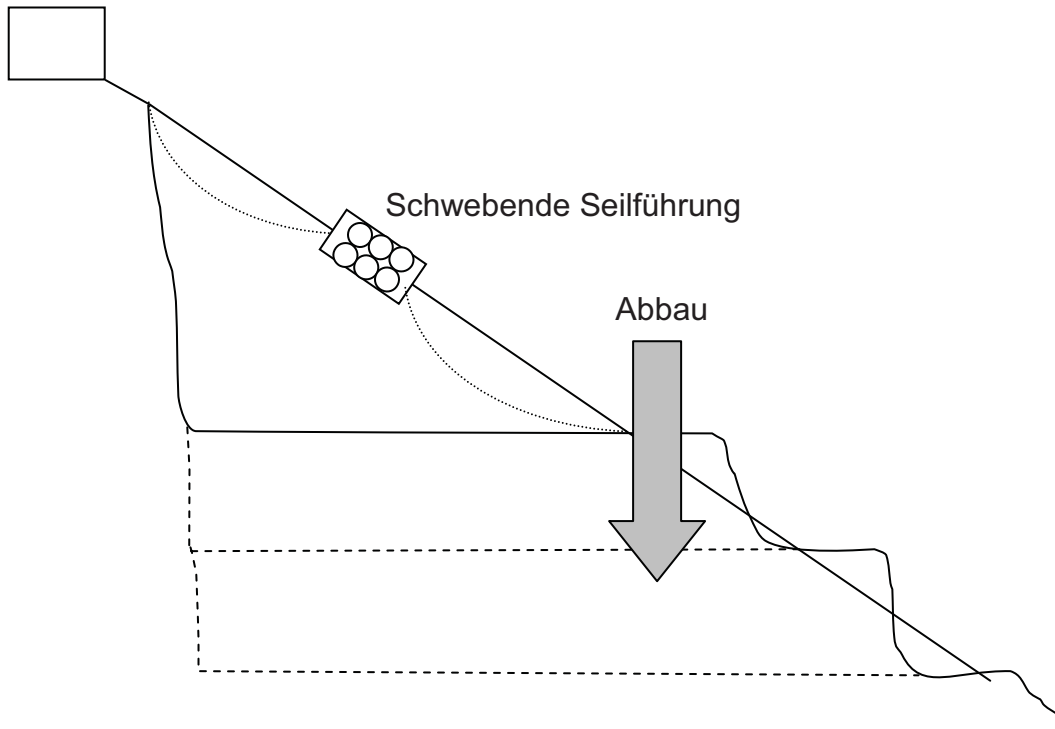


Abb. 39: Seilstützung

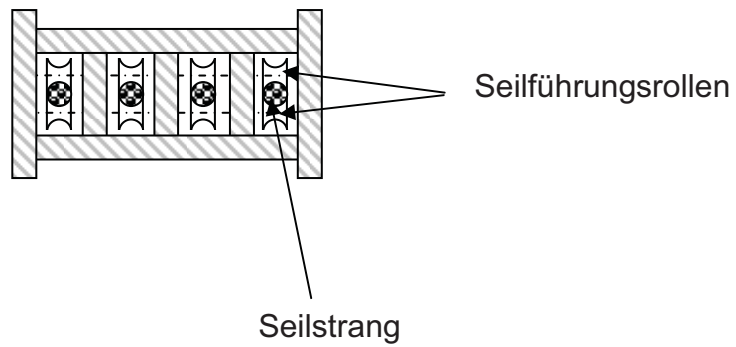


Abb. 40: Seilrollen der schwebenden Seilführung

4.1.5 Förderwagen

4.1.5.1 Förderwagen

Das erforderliche Fassungsvermögen der Förderwagen beträgt rund 24 m^3 , was einer Nutzlast von etwa 40 t entspricht – gewählt wird das Fassungsvermögen mit rund 30 m^3 um Sicherheiten zu bieten (Anhäufung des Materials). Das Fassungsvermögen ist auf den Schaufelinhalt des Radladers abgestimmt, damit dieser gut ausgelastet ist und nicht mit teilbefüllten Schaufeln hantieren muss.

Die Verkippung des Materials in den Brecherschacht erfolgt durch Bodenentleerung (Abb. 41).

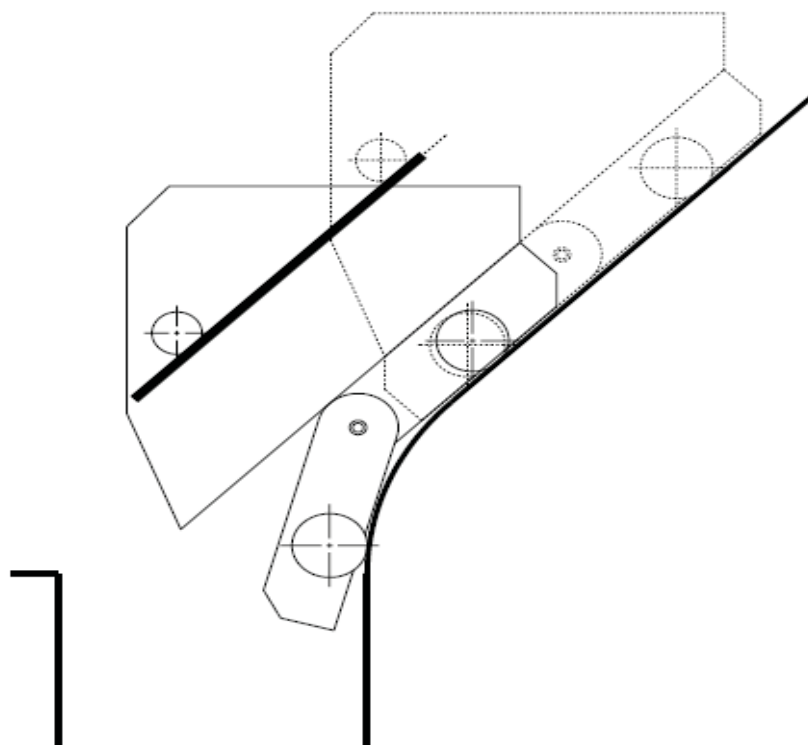


Abb. 41: Prinzip der Bodenentleerung

Das Fördergefäß ist eine Stahlkonstruktion aus Stahlblechen (20 mm) und ist zusätzlich an der Innenseite mit Platten ausgekleidet um vor Verschleiß durch das stark abrasive Diabas-Hartgestein zu schützen. Als Verschleißplatten dienen Verschleißbleche (20 mm, Hardox 400, Härte von 400 HBW) an den Seitenwänden und ver-

schleißfeste Gummipplatten (150 mm, Trellex, Härte von 60 IRH) am stärker beanspruchten Fördergefäßboden.

Der schall- und stoßdämpfende Effekt der Gummipplatten dämpft die Geräusentwicklung bei der Beladung, zusätzlich beträgt die Haltbarkeit ein 3- bis 5-faches der von Verschleißblechen. Nachteil sind die bis zu 5-fach höheren Kosten dieser Platten.

Bei der Anbringung der Verschleißbleche ist es ratsam, die Bleche auf Gummiklötzen zu lagern um bessere Eigenschaften hinsichtlich Schallemission und Stoßdämpfung zu erreichen.

An der Außenseite des Fördergefäßes sind 2 Räder (Abb. 42 - b) angebracht, die bei der Entleerung eine weiterhin geradlinige Fahrt des Gefäßes ermöglichen. Diese Räder laufen auf eigenen Schienen, die in entsprechender Höhe in der Entladestation angeordnet sind. Die Spurweite der Räder beträgt 2500 mm.

Der Unterwagen besteht aus zwei miteinander beweglich verbundenen Teilen (Abb. 42) wobei der hintere Teil (Abb. 42 - e) fest mit dem Fördergefäß (Abb. 42 - a) verbunden ist. Der vordere Teil (Abb. 42 - d) ist nach unten klappbar um die Entleerung des Gefäßes bei Einfahrt in die Entladestation zu ermöglichen. Der 2-achsige Unterwagen (Spurweite 2000 mm) ist mit Rädern mit doppeltem Spurkranz sowie mit überbreiten Rollen (Abb. 42 - c) ausgeführt. Die überbreiten Rollen werden für die Weichenüberfahrt benötigt.

Ein Entleeren während der Fahrt ist unmöglich, da das Gewicht des Förderkübels und des Materials dies nicht zulässt.

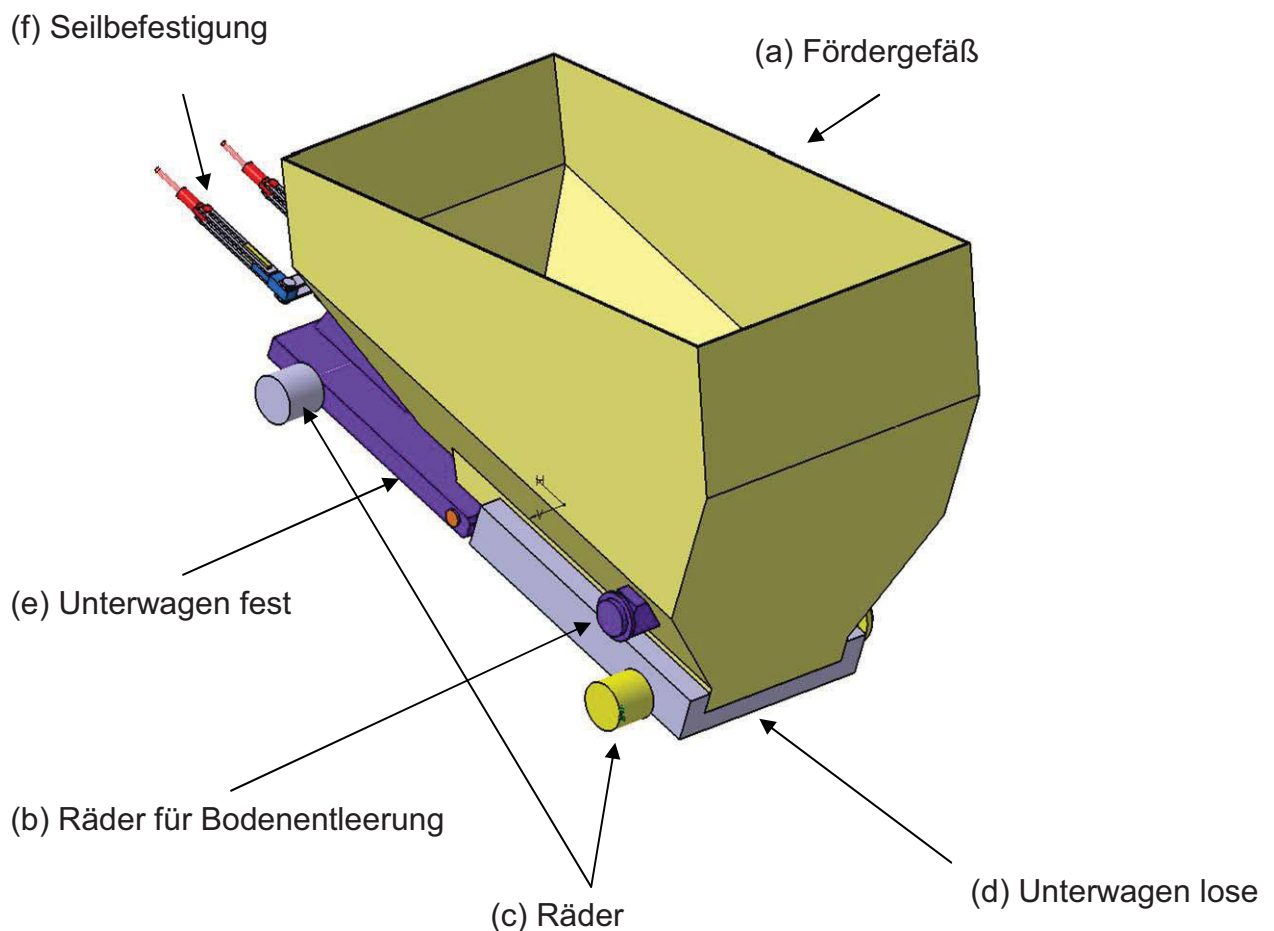


Abb. 42: Komponenten des Förderwagens

Die Seilbefestigung an einem der beiden Förderkübel (Abb. 43) wird mittels Vergusskegeln (Abb. 43 - a), die in einer Nachstellvorrichtung (Abb. 43 - b) gelenkig befestigt sind. Durch Austausch der Keile ((Abb. 43 – b – gelbe Klötze) wird die Justierung erreicht. Ein beweglich gelagertes Joch ermöglicht außerdem einen Ausgleich unterschiedlicher Seilbewegungen (Abb. 43 - c).

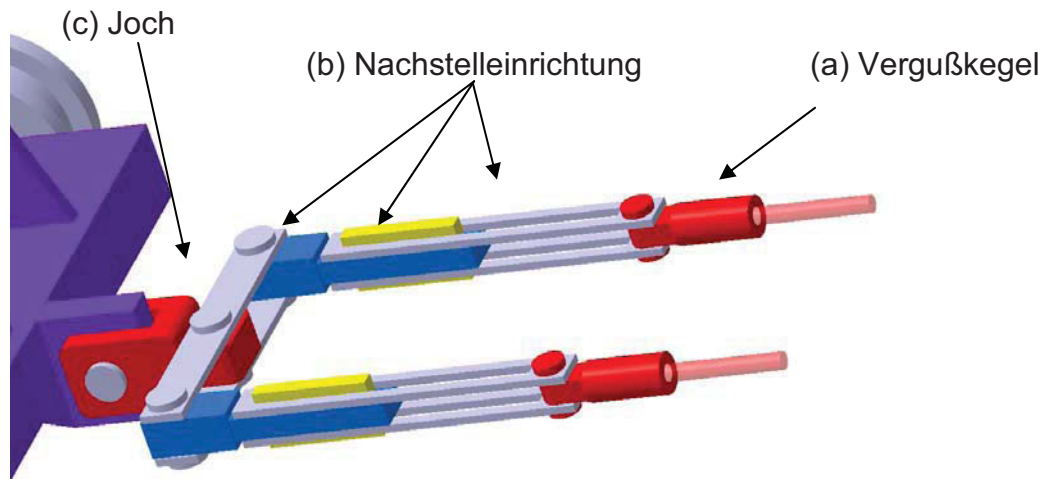


Abb. 43: Seilbefestigung am Förderwagen

Der andere Förderkübel wird mittels Keilklemmen befestigt, die eine Kürzung / Verlängerung des Seiles zulassen. Die benötigte Seilreserve kann an den Seitenwänden, an der Unterseite oder an den Stirnwänden des Fördergefäßes gespeichert werden (Aufwicklung). Die Klemmkraft dieser Verbindung steigt mit zunehmender Zugkraft.

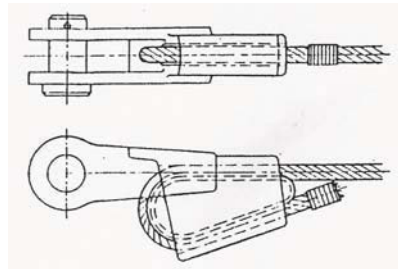


Abb. 44: Seilbefestigung – Keilklemme [6]

Zusätzlich ist eine Sicherung des Klemmkeiles erforderlich falls der Seilzug zu klein wird und das Seil nicht durchrutschen kann.

4.1.6 Entladestation

Durch die seitliche Zuführung der Trasse und die geplante Bodenentleerung der Förderwagen ist ein Umbau des Brecherschachtes und der Brechereinhausung unum-

gänglich. Die Seitenwand müsste durchbrochen werden und der Schacht erweitert und umgebaut werden.

Die Zuführung zum Brecher ist aufgrund der Topologie sehr massiv gestaltet, da praktisch eine Etage zu überbrücken ist. Um weiterhin die Befahrbarkeit der Etagen gewährleisten zu können ist eine Unterführung vorgesehen.

Diese Überlegungen sind in Abb. 45 zu sehen.

Für die Bodenentleerung sind nach unten gekrümmte Schienen erforderlich, auf denen der lose Unterwagen seine Kippbewegung durchführen kann. Zusätzlich sind für die Bodenentleerräder des Förderwagens Schienen in einer Höhe von etwa 1000 mm mit einer Spurweite von 2900 mm nötig, auf denen der Förderkübel abgleitet (Abb. 45).

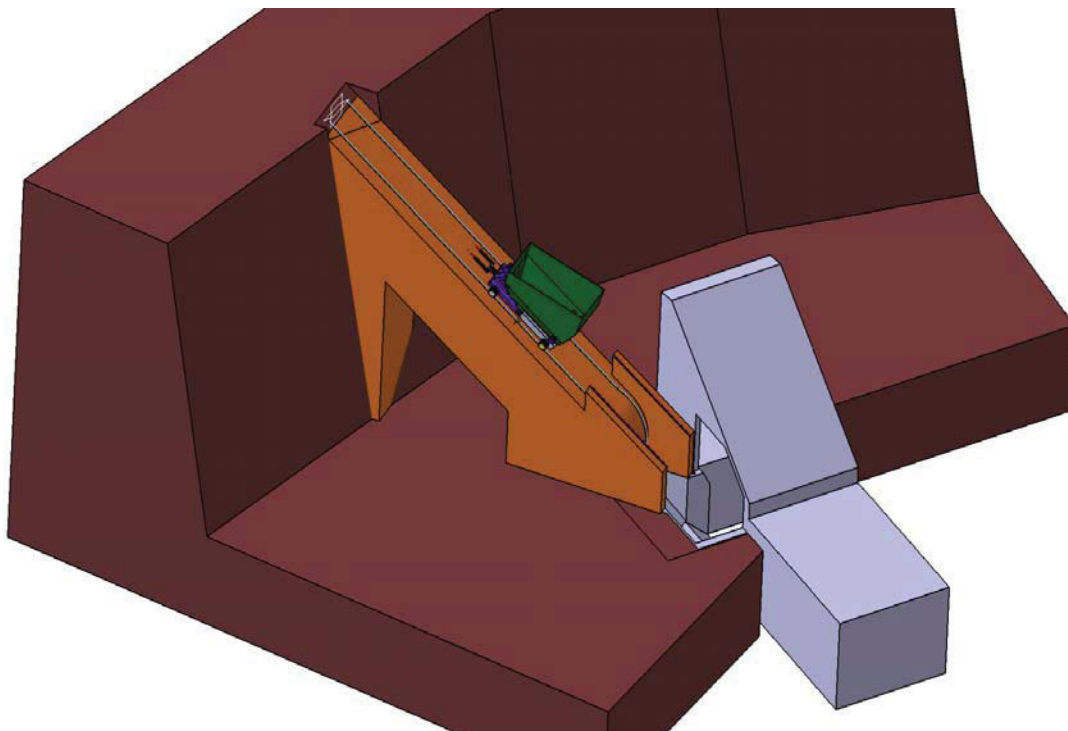


Abb. 45: Entladestation - Brecherumbau - Bodenentleerung

Um der Staubentwicklung und den Witterungseinflüssen entgegenwirken zu können, wird eine Überdachung der neuen Anlage benötigt und könnte als Zubau direkt an die Brechereinhausung realisiert werden (Abb. 46).

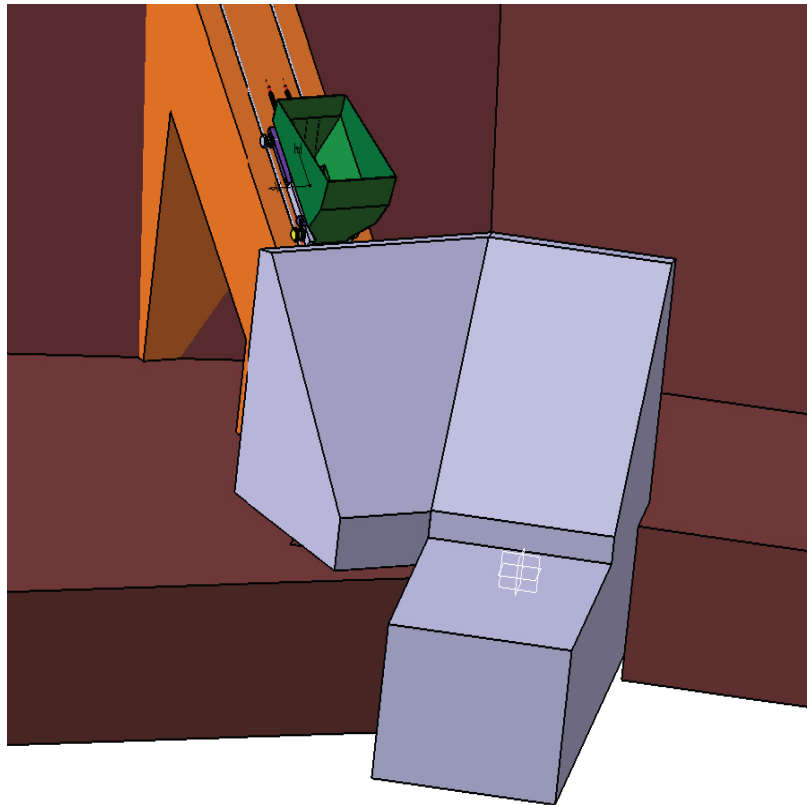


Abb. 46: Entladestation - Einhausung

4.1.7 Funktion der Anlage

Im Betrieb wird einer der Förderwagen in der Beladestation mittels Radlader beladen.

Bei der Talfahrt wirkt der Stromrichterantrieb generatorisch bremsend, bei Einfahrt in die Entladestation wird der Förderwagen verzögert und auf Stillstand abgebremst, wo die Bodenklappe bereits vollständig geöffnet ist.

Der zweite Förderwagen fährt zeitgleich in die Beladestation ein und kann bei Stillstand beladen werden.

Die Betriebsbremse hält die Wagen in Position bis zur vollständigen Entleerung bzw. Beladung.

Bei der folgenden Bergfahrt schließt sich die Bodenklappe selbstständig und kann an keiner anderen Stelle geöffnet werden.

Da in dieser Situation das Gewicht des anderen, beladenen Förderwagens überwiegt, wird auch in diesem Fall generatorisch gebremst.

Ein Betrieb mit Personen- und Mannschaftstransport ist nicht vorgesehen bzw. erlaubt.

4.1.8 Eigenschaften der Anlage

Durch die große Gewichtsdivergenz zwischen beladenen und unbeladenen Förderwagen ist die benötigte Brems- und Antriebsleistung sehr groß (Umfangskraftdifferenz an der Treibscheibe), der gesamte Antriebsstrang fällt sehr massiv aus hinsichtlich Konstruktion und Investition.

Die Schienen- und die Seilführung ist wesentlich komplexer, da eine Weiche und spezielle Seilführungsrollen benötigt werden.

Bei der Beladung ist anzumerken, dass an der Abbaufont in jedem Fall eine Überbrückung benötigt wird, da der Radlader den jeweils gegenüberliegenden Förderwagen nicht erreichen kann, weil die Ausladung zu gering ist.

Die Trasse fällt an der Ausweichstelle breiter aus, sie baut praktisch doppelt so breit als die Trasse bei Betrieb mit einem Gegengewicht.

Im Gegensatz zur Variante mit Gegengewicht kommt es bei Betrieb mit zwei Förderwagen zu keiner „Leerfahrt“, dies lässt diese Variante wirtschaftlicher erscheinen.

Da eine Radlader-Beladeschleife gegenüber dem Förderwagenzyklus nur geringfügig länger dauert, kommt es zu keinen Wartezeiten des Radladers, die Ausnutzung des Radladers ist besser. Der Zeitunterschied beträgt dabei bis zu 35 Sekunden, in denen der Förderwagen an der Beladestation auf eine Beladung wartet.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass ein Pendelbetrieb konstruktiv erheblich schwieriger und investitionskostenintensiver ist, jedoch im Betrieb wirtschaftlich Vorteile bietet.

4.1.9 Investitionskosten

Die zu erwartenden Gesamtinvestitionskosten für die Anlage belaufen sich im Bereich € 2.600.000 (mit Stahlbautrasse) bis € 3.900.000 (mit Betontrasse). Nachfolgend sind diese Kosten aufgeschlüsselt.

			Beton	Stahl
Benennung	Menge	Kosten / Einheit	Kosten [€]	Kosten [€]
Förderkübel	2	-	309.411	309.411
Trasse	1	-	2.156.016	1.500.205
Mechanik	1	-	149.800	149.800
Elektrik	1	-	252.428	252.428
Entladestation	1	-	316.483	316.483
Sonstiges	1	-	687.167	30.000
Summe	-	-	3.871.305	2.558.327

4.1.9.1 Antrieb – Elektrische Ausrüstung

AC-Maschine: Angebot der Fa. Siemens

Umrichter: Angebot der Fa. Siemens

Stromversorgung: Angebot Fa. Helukabel – Verkabelung der Bergstation – Transformator; Kabel zu 180 mm²;

Elektrische Einrichtungen: Annahme; Schaltschränke, Kleinmaterial

Automation: Automation der Anlagensteuerung, angenommener Wert

Installation: 40% der Materialkosten



Benennung	Menge	Kosten / Einheit	Kosten [€]
AC-Maschine Klasse 700kW	1	-	27.846
Umrichter Klasse 700kW	1	-	63.000
Stromversorgung	3 x 800m	2790 €/100m	66.960
Elektrische Einrichtungen	-	-	7.500
Automation	-	-	15.000
Installation	-	-	72.122
Summe	-	-	252.428

4.1.9.2 Antrieb – Mechanische Ausrüstung

Drahtseil:	Angebot der Fa. Teufelberger
Betriebsbremse:	Angebot der Fa. Bubenzer
Sicherheitsbremse:	Angebot der Fa. Bubenzer
Hydraulikversorgung:	Angebot der Fa. Bubenzer
Getriebe:	Richtpreis der Fa. Renold
Maschinenelemente:	Annahme; Kupplungen, Lagerung etc.
Seilführung:	Annahme; Treib-, Spannscheibe, Führungsrollen
Installation:	40% der Materialkosten

Benennung	Menge	Kosten / Einheit	Kosten [€]
Offenes Drahtseil Ø 44 mm	2 Stk. á 700m	45 €/m	63.000
Betriebsbremse (Scheibenbremse)	1	-	6.000
Sicherheitsbremse (Scheibenbremse)	1	-	5.000
Hydraulikversorgung für Bremsen	1	-	3.000
Getriebe	1	-	10.000
Maschinenelemente	-	-	10.000
Seilscheiben, Seilführung	-	-	10.000
Installation	-	-	42.800
Summe	-	-	149.800



4.1.9.3 Trasse

Sprengarbeit:	Mittlere Breite 7.5 m, Länge 350 m, Querschnitt = ca. 8080 m ² = ca. 60650 m ³ Material; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH
Betonfundament:	Mittlere Breite 5.5 m, Länge 300 m, Tiefe 2 m; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH
Beton für Beladestation:	Mauerdicke 1 m, Breite 10 m , Tiefe 0 - 15 m (Dreieckform) = ca. 100 m ³ je Etage; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH
Schienen:	Gleisanlage zu 1050 m; Preise Fa. Kovac Stahlhandel
Schienenbefestigung:	Befestigung im Abstand 0.5 m;
Herstellung der Geleise:	Herstellkosten zu 4 €/kg Stahl, Gesamtgewicht ca. 22.600 kg; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH
Seiltragrollen:	Rollenbock zu 300 €/Stk; Auskunft Fa. Gmundner Zement
Torkretierung:	Sicherung des Gebirges mit Stahlnetzen & Spritzbeton im Bereich der Sprengrinne, gesamt ca. 4000 m ² ; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH
Sprengschutz:	25 Tafeln Blech zu 10mm (4000kg zu 899 €/to), 50 Stk. Seilrollen zu 100 €/Stk; Preise Fa. Kovac Stahlhandel
Herstellung Sprengschutz:	Herstellkosten zu 4 €/kg Stahl (Gesamtgewicht ca. 4.000 kg; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH



Benennung	Menge	Kosten / Einheit	Kosten [€]
Sprengarbeit	60650m ³	4 €/m ³	242.600
Betonfundament	3000m ³	325 €/m ³	975.000
Beton für Beladestationen	900m ³	325 €/m ³	292.500
Schienen (für 350m) + Ausweiche	90 Stk á 12 m	36 €/m	148.320
Schienenbefestigung	1.500 Stk.	5 €/Stk	7.000
Herstellung Geleise	-	4 €/kg Stahl	90.400
Seiltragrollen	52 Stk.	300 €/Stk	15.600
Torkretierung	4000 m ²	90 €/m ²	360.000
Sprengschutz	-	-	8.596
Herstellung Sprengschutz	-	4 €/kg Stahl	16.000
Summe	-	-	2.156.016

Abweichend bei Variante mit Stahlbautrasse:

Stahlkonstruktion – Material – s: Stahlbedarf bei Stahlbautrasse, pro Etage "schmal" (Eingleisiger Bereich) ca. 17.300kg Stahlprofil UPE 240, 0.864€/kg; Preise Fa. Kovac Stahlhandel

Stahlkonstruktion - Herstellung – s: Herstellkosten zu 3.5 €/kg für Stahlbau; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH

Stahlkonstruktion - Material – b: Stahlbedarf bei Stahlbautrasse, pro Etage "breit" (Ausweichstelle) ca. 33.000kg Stahlprofil UPE 240, 0.864€/kg; Preise Fa. Kovac Stahlhandel

Stahlkonstruktion - Herstellung – b: Herstellkosten zu 3.5 €/kg für Stahlbau; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH

Betonabstützer: insgesamt ca. 200 m³; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH

Torkretierung: Sicherung der Bruchwand unterhalb der Trasse, 15 m x 25 m je Etage, 8 Etagen berücksichtigt; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH



Benennung	Menge	Kosten / Einheit	Kosten [€]
Stahlkonstruktion - Material - s	4 Stk.	14.500 €/Etage	59.789
Stahlkonstruktion - Herstellung - s	4 Stk.	58.500€/Etage	242.200
Stahlkonstruktion - Material - b	4 Stk.	29.000 €/Etage	116.000
Stahlkonstruktion - Herstellung - b	4 Stk.	115.500€/Etage	462.000
Betonabstützer	200 m ³	325 €/m ³	65.000
Schienen (für 350m) + Ausweiche	90 Stk á 12 m	36 €/m	148.320
Schienenbefestigung	2100 Stk.	-	10.500
Herstellung Geleise	-	4 €/kg Stahl	90.400
Seiltragrollen	52 Stk.	-	11.400
Torkretierung	3000 m ²	90 €/m ²	270.000
Sprengschutz	-	-	8.596
Herstellung Sprengschutz	-	4 €/kg Stahl	16.000
Summe	-	-	1.500.205

4.1.9.4 Förderwagen

Grobblech Fördergefäß 50 m² (Breite 2 m, Länge 4 m, Höhe 3.5 m) ; Preise
Fa. Kovac Stahlhandel

Auskleidung Fördergefäß: 42 m² (Stirn- und Seitenwände) ; Preise Fa. Kovac
Stahlhandel

Auskleidung Fördergefäßboden: 8 m² (Bodenblech) ; Preise Fa. Metso Minerals

Restliche Materialkosten: Angenommener Wert

Förderwagen - Herstellung: Herstellkosten zu 7 €/kg für Maschinen-/Stahlbau,
Gesamtgewicht 20.000kg (nur Stahl); Preise Fa.
Mineral Abbau GmbH



Benennung	Menge	Kosten / Einheit	Kosten [€]
Grobblech für Fördergefäß 20mm	50m ²	309 €/Tafel (2 m ²)	7.725
Auskleidung Fördergefäß Hardox 20mm	42m ²	2442 €/Tafel (12 m ²)	7.847
Auskleidung Fördergefäßboden Trellex	8m ²	850 €/Stk (0,75 m ²)	10.133
Restliche Materialkosten	-	-	10.000
Förderwagen - Herstellung	-	7 €/kg Stahl	119.000
Summe	-	-	154.705

4.1.9.5 Entladestation

Betonbedarf Entladestation:

Kubatur aus CAD; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH

Materialkosten Stahl:

Abschätzung mit ca. 13 t U-Stahl

Kosten Stahlbau:

Herstellkosten zu 4 €/kg für Stahlbauten, Gesamtgewicht 20.000 kg (nur Stahl); Preise Fa. Mineral Abbau GmbH

Materialkosten Sonstige:

Angenommener Wert

Beton für Brechereinhausung:

Kubatur aus CAD; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH

Beton für Umbau Brecherschacht:

Kubatur aus CAD; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH

Benennung	Menge	Kosten / Einheit	Kosten [€]
Materialkosten Beton	700 m ³	325 €/m ³	227.500
Materialkosten Stahl	13 t	816 €/t	10.608
Kosten Stahlbau	13 t	4 €/kg Stahl	52.000
Materialkosten Sonstige	-	-	15.000
Umbau Brechereinhausung - Beton	20 m ³	325 €/m ³	6.500
Umbau Brecherschacht - Beton	15 m ³	325 €/m ³	4.875
Summe	-	-	316.483



4.1.9.6 Sonstiges

Endabnahme, Überprüfung:	Angenommener Wert
Sprengarbeit Kehren:	Gefälle 10%; Höhenunterschied 20m; Breite 10m; Länge 100m; Kubatur von 20000m ³ je Kehre; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH
Bauarbeit Kehren:	Aufbereitung der Kehren; 400 Std. Arbeit; 2 Stk. Muldenkipper & Hydraulikbagger; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH
Stahlüberbrückung:	Je 10 Stk. IPB 500, 50 Stk UPE 200; Preise Fa. Kovac Stahlhandel
Stahlüberbrückung - Herstellung :	Je Überbrückung 10 Stk. IPB500 - 100m - 9300kg zu 1132€/t; 50 Stk. UPE 200 - 300m - 6960kg zu 955€/t; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH

Benennung	Menge	Kosten / Einheit	Kosten [€]
Endabnahme, Überprüfung	-	-	30.000
Sprengarbeit Kehren	3	4 €/m ³	240.000
Bauarbeit Kehren	3	314 €/Std	125.644
Stahlüberbrückung	3 Stk.	-	51.523
Stahlüberbrückung - Herstellung	3 Stk.	4 €/kg Stahl	240.000
Summe	-	-	687.167

Abweichend bei Variante mit Stahlbautrasse:

Bis auf die Endabnahme, Überprüfung entfallen sämtliche Kosten.

4.1.10 Beladung

Die Preise beziehen sich auf diverse Angebote.

Benennung	Menge	Kosten / Einheit	Kosten [€]
Radlader Liebherr 586 - 5.5m ³	1 Stk.	321.204	321.204
Radlader CAT 988H - 6,9m ³	1 Stk.	530.762	530.762
Summe	-	-	851.966

4.1.11 Betriebskosten

Die angeführten Kosten wurden auf Basis einer jährlichen Produktion von 600000 Tonnen, einem Förderstrom von 550 Tonnen/Stunde und einer Schicht zu 10 Stunden errechnet. Grundsätzlich wurden die Betriebskosten mit einer Einsatzbereitschaft von 100% (EB 100%, entspricht den theoretisch benötigten Betriebsstunden) und einer Einsatzbereitschaft von 75% (EB 75%, entspricht etwa den praktisch benötigten Betriebsstunden) bestimmt.

Jährliche Produktion	600.000,00	Tonnen/Jahr
Stündliche Produktion	550,00	Tonnen/Std.
Einsatzbereitschaft EB 100%	1.090,91	Std/Jahr
Einsatzbereitschaft EB 75%	1.454,55	Std/Jahr

Die Betriebskosten wurden mit 2 Radlader, Liebherr 586 & CAT 988H, berücksichtigt.

	Beton	Stahl	
Betriebskosten Seilbahn	481.722,12	341.277,20	€/Jahr
Betriebskosten Radlader	369.272,88	369.272,88	€/Jahr
Stromersparnis	67.230,24	67.230,24	€/Jahr
Summe	783.764,76	643.319,84	€/Jahr
Betriebskosten Seilbahn	0,80	0,57	€/t
Betriebskosten Radlader	0,62	0,62	€/t
Stromersparnis	0,11	0,11	€/t
Summe	1,31	1,07	€/t

4.1.11.1 Betriebskosten Radlader

- Folgende Betriebskosten werden erwartet – Radlader Liebherr 586:

Wartungskosten	15.000,00	€/Jahr
Mannkosten	22,85	€/Std
Anschaffungspreis	321.204,00	€
Betriebsstunden	1.090,91	Std/Jahr
A+V + (ReInv)	77.185,32	€/Jahr
Dieserverbrauch	25,00	lt/Std
Diesekosten je Liter	0,72	€/lt
Diesekosten	18,00	€/Std
Summe EB 100%	136.748,96	€/Jahr
Summe EB 75%	151.603,50	€/Jahr

- Folgende Betriebskosten werden erwartet – Radlader CAT 988H:

Wartungskosten	15.000,00	€/Jahr
Mannkosten	22,85	€/Std
Anschaffungspreis	530.762,00	€
Betriebsstunden	1.090,91	Std/Jahr
A+V + (ReInv)	127.542,11	€/Jahr
Dieserverbrauch	40,00	lt/Std
Diesekosten je Liter	0,72	€/lt
Diesekosten	28,80	€/Std
Summe EB 100%	198.887,56	€/Jahr
Summe EB 75%	217.669,38	€/Jahr

4.1.11.2 Betriebskosten Materialstandseilbahn

	Beton	Stahl	
A+V + Reinvest	414.100,62	273.655,70	€/Jahr
Wartungskosten	22.621,50	22.621,50	€/Jahr
Verbrauchsmaterial	45.000,00	45.000,00	€/Jahr
Betriebskosten	481.722,12	341.277,20	€/Jahr
Betriebskosten	0,80	0,57	€/t

- Die Wartungskosten - Personal werden mit 1,5 Mann berücksichtigt; Der tägliche Aufwand beträgt rund 2.8 Std/Tag und ergibt sich aus dem Wartungsplan, der von der Fa. Gmundner Zement zur Verfügung gestellt wurde.

	Std	Std/Tag	Std/Woche	Std/Monat	Std/Jahr	Std/5-Jahr
Aufwand Täglich	1,00	1,00	5,00	20,00	180,00	900,00
Aufwand 2 x pro Woche	2,00	0,80	4,00	16,00	144,00	720,00
Aufwand Monatlich	3,00	0,30	1,50	6,00	54,00	270,00
Aufwand 2 x pro Monat	4,00	0,40	2,00	8,00	72,00	360,00
Aufwand 4 x pro Jahr	6,00	0,13	0,67	2,67	24,00	120,00
Aufwand Jährlich	20,00	0,11	0,56	2,22	20,00	100,00
Aufwand 5-jährlich	5,00	0,01	0,03	0,11	1,00	5,00
Summe EB 100%	-	2,75	13,75	55,00	495,00	2.475,00
Summe EB 75%	-	3,67	18,33	73,33	660,00	3.300,00

	€/Std	€/Tag	€/Woche	€/Monat	€/Jahr
Aufwand Täglich	3,43	34,28	171,38	685,50	6.169,50
Aufwand 2 x pro Woche	2,74	27,42	137,10	548,40	4.935,60
Aufwand Monatlich	1,03	10,28	51,41	205,65	1.850,85
Aufwand 2 x pro Monat	1,37	13,71	68,55	274,20	2.467,80
Aufwand 4 x pro Jahr	0,46	4,57	22,85	91,40	822,60
Aufwand Jährlich	0,38	3,81	19,04	76,17	685,50
Aufwand 5-jährlich	0,02	0,19	0,95	3,81	34,28
Wartungskosten - Personal EB 100%	9,43	94,26	471,28	1.885,13	16.966,13
Wartungskosten - Personal EB 75%	12,57	125,68	628,38	2.513,50	22.621,50

- Folgende Werte für Wartungskosten - Material werden erwartet:

	€/Jahr	€/Std
Wartungsmaterial (Schmierung etc.)	5.000,00	4,55
Verschleißteile (Rollen, Bremse, Gleise, Förderkübel)	35.000,00	31,82
Kosten Anlagenüberprüfung pro Jahr	5.000,00	4,55
Wartungskosten - Material	45.000,00	40,91

- Abschreibung und Reinvest wird folgenderweise berücksichtigt:

	Beton	Stahl	
Kaufpreis	3.871.305,27	2.558.326,87	€
AV-Dauer	15,00	15,00	Jahre
Zinsen	0,07	0,07	%
Reinvestsatz	0,01	0,01	%
Faktor mN	1,30	1,30	-
Jahresproduktion	600.000,00	600.000,00	t/Jahr
mittl. Neuwert (mN)	5.032.696,85	3.325.824,93	€
Reinvestsatz	30.196,18	19.954,95	€/Jahr
A+V	383.904,44	253.700,75	€/Jahr
A+V + Reinvest	414.100,62	273.655,70	€/Jahr

4.1.11.1 Stromersparnis

Die täglich abgegebene Leistung des Generators beträgt 3570 kWh, die Leistung in einem Jahr bezieht sich auf die erforderlichen Betriebsstunden. Quelle der Stromkosten Fa. Mineral Abbau GmbH bzw. Kelag.

Die Stromkostensparnis wurde mit 35% der Gesamtjahresleistung berücksichtigt (d.h. 250 kW der verfügbaren 700 kW für die Eigenbedarfsdeckung), der Stromerlös mit 65% (450 kW von 700 kW für Netzzurückspeisung).



Leistung pro Tag	3.570,00	kWh/Tag
Leistung in 1 Jahr	785.400,00	kWh/Jahr
Stromkosten	0,09	€/kWh
Stromerlös	0,06	€/kWh
Stromkostensparnis	62.910,54	€/Jahr
Stromerlös	4.319,70	€/Jahr
Stromersparnis	67.230,24	€/Jahr

4.2 Betrieb mit Förderwagen und Gegengewicht

4.2.1 Technische Beschreibung

4.2.1.1 Technische Daten

Höhenunterschied.....	190 m
Bahnneigung.....	33° (73%)
Maximaler Fahrweg.....	350 m
Nutzlast.....	60t
Fördergut Diabas mit Korngröße.....	1 m ³ / 1.5 m
Fördergut Schüttdichte.....	1.65–1.7 t/m ³
Förderwagengewicht.....	23 t
Gegengewicht.....	53 t
Maximaler Seilzug.....	22,5 t
Förderseile – 2 Stück Seile Ø 50 mm, Seale-Machart, Bruchlast.....	200 t
Fahrgeschwindigkeit bei Motordrehzahl 1500 U/min.....	3 m/s



Förderleistung	Beladen	...	120 s
	Talfahrt	...	125 s
	Entladen	...	15 s
	<u>Bergfahrt</u>	...	<u>125 s</u>
	Summe	...	385 s

Förderstrom: ca. 9.5 Spiele/h á 60 t ca. 570 t/h

4.2.1.2 Bestimmung der Fahrzeiten

4.2.1.2.1 Beladung mit Radlader

Da zeitlich die Möglichkeit gegeben ist, steht die erste Schaufel mit Material immer bereit. Während der Förderwagenfahrt wird neues Material zur Beladestation gebracht, unter Umständen können währenddessen auch Nebenarbeiten durchgeführt werden wie z.B. aussondieren von Material (grobe Brocken). Auch hier ist für die Beladung nur eine zusätzliche Förderschleife des Radladers bzw. der Radlader vorgesehen.

Die angegebenen Zeiten beziehen sich auf Auswertungen im Steinbruch und auf Werte aus der Literatur [1].

t_A Aufnahme des Förderguts ... 64 s

t_F Fahrzeit 80 m bei 10 km/h... 28 s

Zeit für eine Förderschleife

$$t_{RL} = t_A + 2 \cdot t_F \quad t_{RL} = 120s$$

4.2.1.2.2 Förderwagen

Die Werte für Fahrgeschwindigkeit sowie Beschleunigung und Verzögerung beziehen sich auf Erfahrungswerte einer bestehenden Anlage mit Verweis auf Verordnungen.

s ... Streckenlänge 350 m



v	...	Fahrgeschwindigkeit (Abb. 23)	3 m/s
a_b	...	Beschleunigung	0.3 m/s ²
a_v	...	Verzögerung	0.3 m/s ²
Wegstrecke Beschleunigung			$s_B = \frac{v^2}{2a_b}$	$s_B = 15m$
Zeit für Beschleunigung			$t_B = \frac{v}{a_b}$	$t_B = 10s$
Wegstrecke Verzögerung			$s_V = \frac{v^2}{2a_v}$	$s_V = 15m$
Zeit für Verzögerung			$t_V = \frac{v}{a_v}$	$t_V = 10s$
Zeit für die Entladung				$t_E = 15s$
Fahrstrecke mit konstanter Geschwindigkeit			$s_0 = s - s_B - s_V$	$s_0 = 320m$
Fahrzeit mit konstanter Geschwindigkeit			$t_F = \frac{s_0}{v}$	$t_F = 105s$
Zeit für einen Fahrzyklus			$t_{FW} = 2 \cdot t_F + 2 \cdot t_V + 2 \cdot t_B + t_E$	$t_{FW} = 265s$

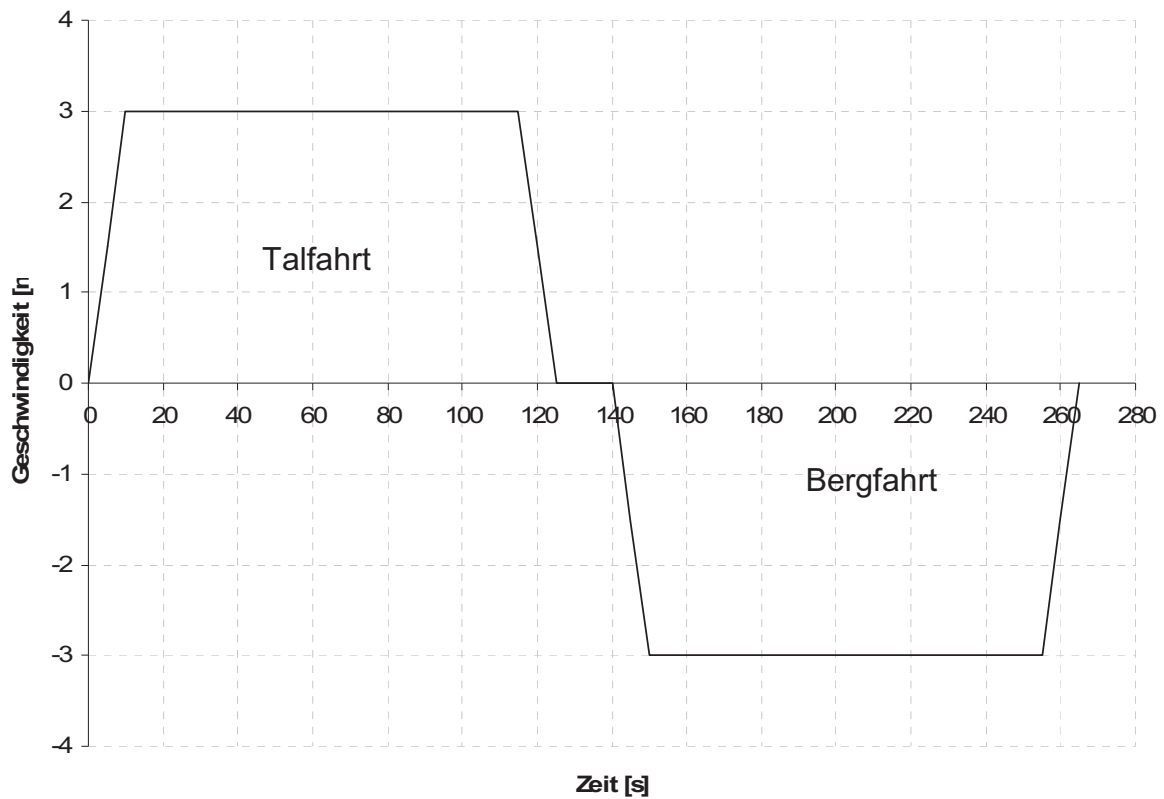


Abb. 47: Geschwindigkeitsverlauf des Förderwagens

4.2.1.2.3 Gesamtzykluszeit

Die Gesamtzeit für einen Förderzyklus ergibt sich wie folgt:

$$t = t_{Bel} + t_{FW} \quad t = 120s + 265s = 385s$$

4.2.1.2.4 Gesamtförderstrom

Mit der Gesamtzykluszeit von 385 s und einem Förderkübelinhalt von 60 t ergibt sich

ein theoretischer Förderstrom von ca.: $\dot{Q} = \frac{60t}{385s \cdot \frac{1}{3600}} = 550t/h$

4.2.2 Beladung

4.2.2.1 Radlader im Load & Carry - Betrieb

Um den geforderten Förderstrom erreichen zu können, wird ein Radlader mit einer Schaufelgröße von 18 m³ benötigt. Da ein Radlader dieser Größenordnung sehr kostenintensiv ist bzw. nicht konventionell ist, wird ein Betrieb mit 2 Radladern mit einer Schaufelgröße von je 9 m³ vorgeschlagen (CAT 990H bzw. Komatsu W700). Dies bietet nebenbei auch den Vorteil, dass bei Ausfall eines Radladers immer noch ein Betrieb der Anlage mit vermindertem Förderstrom möglich ist, da dann immer noch ein Radlader verfügbar ist. Außerdem ist die Flexibilität dieser Variante größer.

4.2.2.2 Beladestation

Da die Genauigkeit (± 3 m) durch das Sprengen der Trasse unzureichend ist, sind an den Seitenwänden der Trasse an den Beladestationen Betonmauern (Höhe 0-10 m) eingeplant (Abb. 24, Abb. 49). Um ein Überfahren der Mauerkante (Sturzgefahr) durch den Radlader zu vermeiden ist ein Anschlag vorgesehen. Eine Überbrückung der Beladestation, um die gegenüberliegende Seite erreichen zu können, wird unter 4.2.4.2 beschrieben.

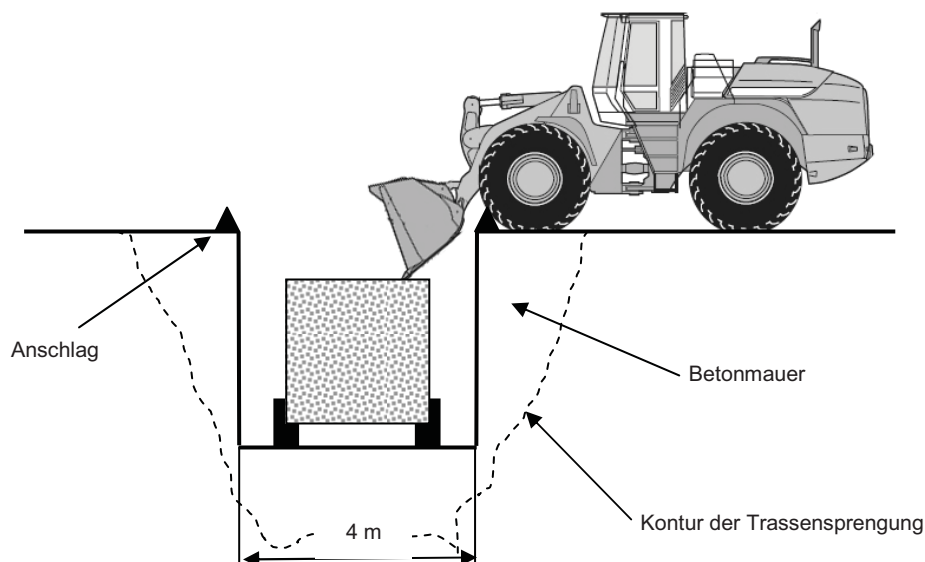


Abb. 48: Vorderansicht der Beladestation

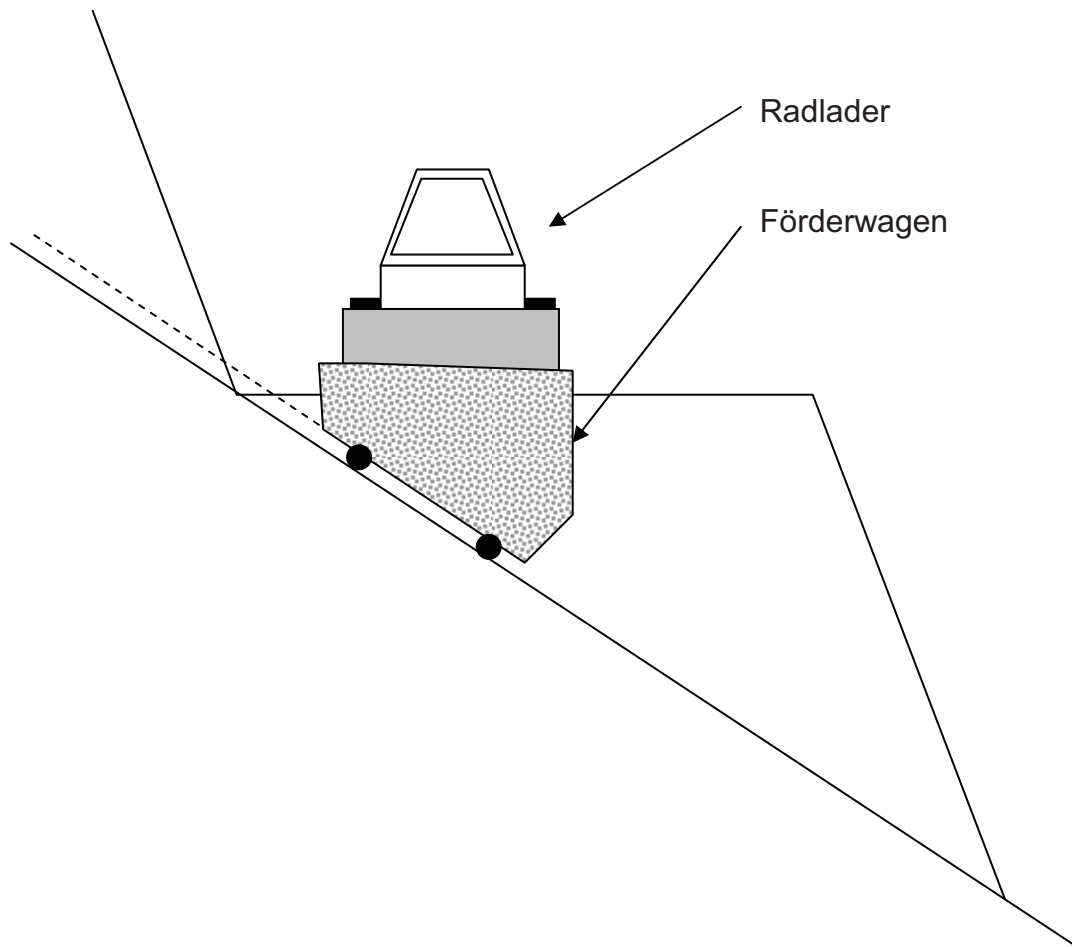


Abb. 49: Beladestation im Querschnitt

Um diese Problematik zu umgehen, wäre es denkbar, eine Stahlbautrasse (Fachwerkskonstruktion) einzusetzen. Vorteil dieser ist es, dass keine Überbrückungen benötigt werden und die Kosten niedriger ausfallen (Abb. 26).

Der Förderwagen kann dadurch ebenerdig beladen werden, die Ausladung des Radladers reicht hierfür aus (ca. 4-5 m, je nach Radladertyp).

Ein weiterer Vorteil dieser Variante ist es, dass die Gefahr eines Felssturzes bis ins Tal eingedämmt wird, das Gestein fällt schlimmstenfalls auf die nächste Etage.

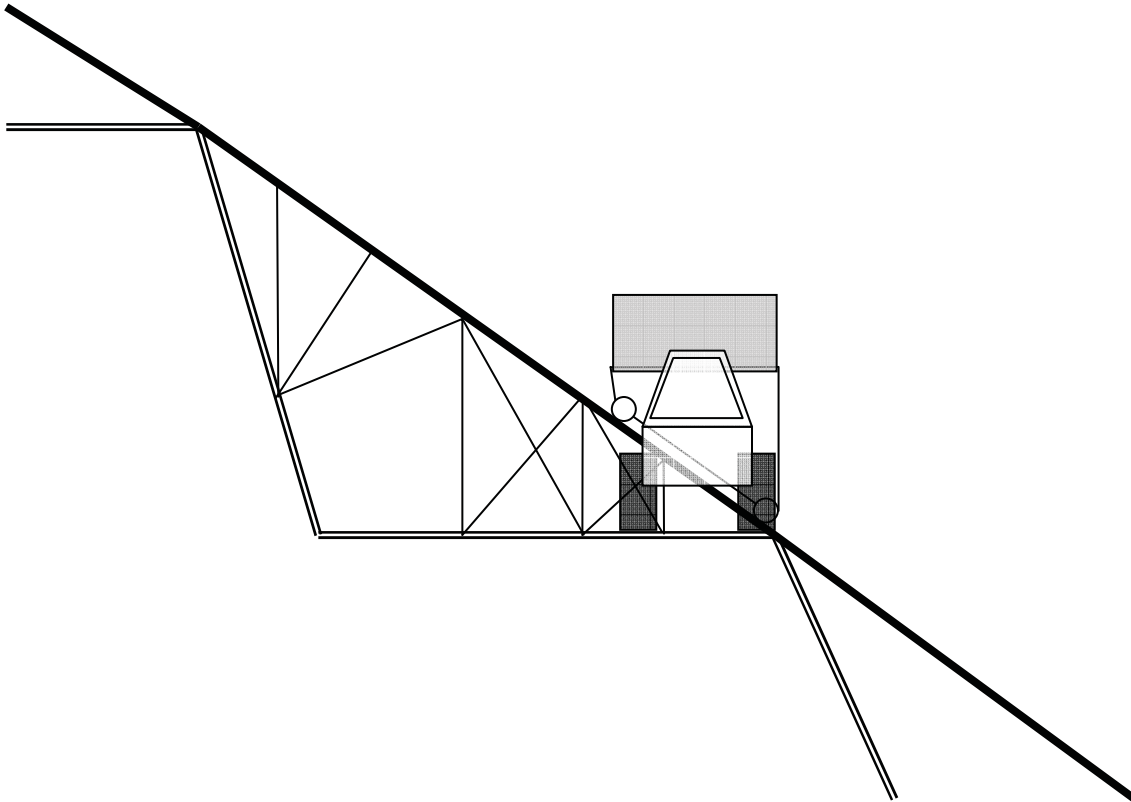


Abb. 50: Stahlbautrasse im Querschnitt

4.2.3 Antriebssystem

4.2.3.1 Allgemeines

Das Antriebssystem ist als Zweiseilmaschine mit Treibscheibe (Abb. 27 und Abb. 28) ausgebildet.

Um den entsprechenden Umschlingungswinkel zu erreichen ist der Seiltrieb mit einer zusätzlichen Spanscheibe ausgestattet

Die Treibscheibe ist mit einem Bremskranz versehen für die Sicherheits- bzw. Hauptbremse. Einerseits ist die Treibscheibe gelagert, andererseits direkt mit einem mehrstufigen Getriebe verbunden.

Über eine Kupplung und die Betriebsbremse ist das Getriebe mit einer Wechselstrommaschine verbunden. Diese Maschine ist gedacht als Fahrbremse und bewirkt eine generatorische Bremsung des Förderwagens / Gegengewichts und kann auch als Motor für mögliche Transporte vom Tal auf den Berg herangezogen werden.

Für die Steuerung des Antriebssystems erfolgt vollautomatisiert und könnte mit der Steuerung des Brechers kombiniert werden und so die gesamte Anlage zentral gesteuert werden. Zusätzlich ist eine Installation einer Videoüberwachung sinnvoll.

Für die Anbindung der Anlage an das Stromnetz werden entsprechende Kabel benötigt, die entlang der Steinbruchgrenze verlegt werden. (Strecke zu ca. 650 m).

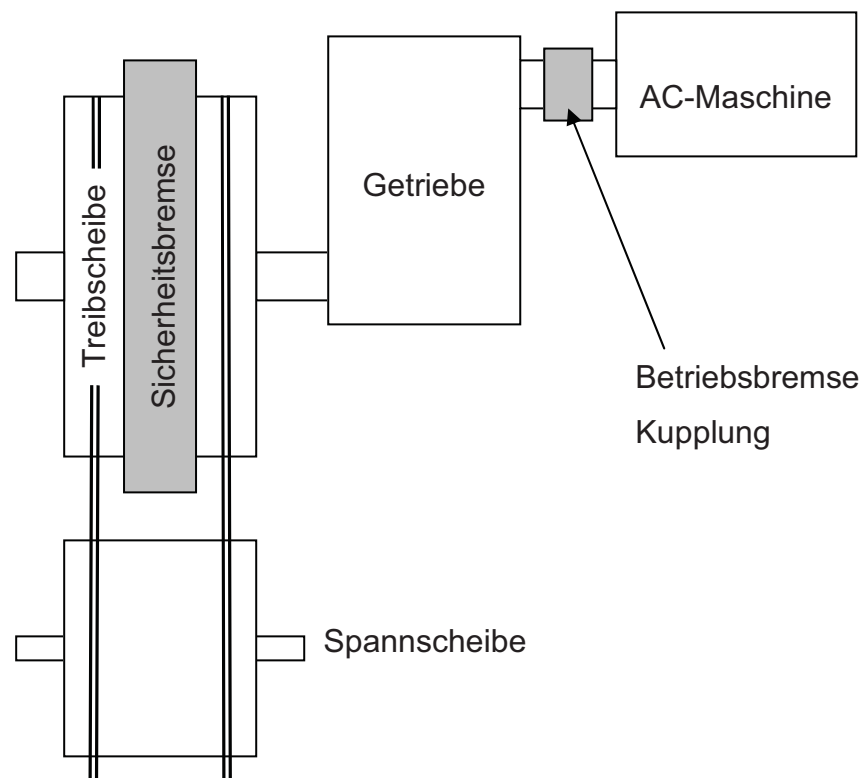


Abb. 51: Antriebssystem

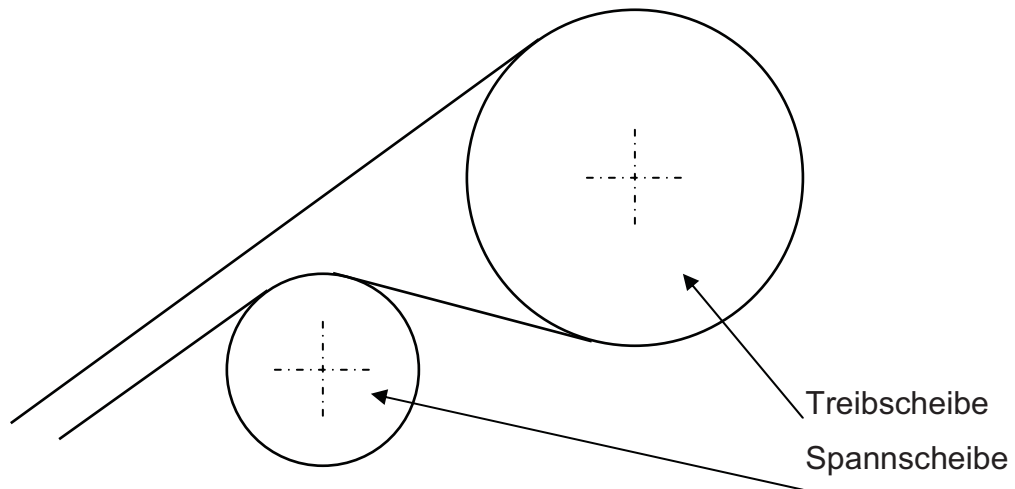


Abb. 52: Prinzip Treibscheibe

4.2.3.2 Treibscheibe

Die vertikal positionierte Treibscheibe ist als Schweißkonstruktion mit Kunststofffutter gedacht um bessere Reibwerte zu erreichen (Treibfähigkeit Seil - Treibscheibe). Der Umschlingungswinkel beträgt ca. 230° und wird durch eine Spannscheibe erreicht, die Treibfähigkeit ist dadurch in jedem Betriebsfall gewährleistet.

Der erforderliche Durchmesser der Treibscheibe ergibt sich aus dem Seildurchmesser und wird mit 2800 mm angesetzt.

4.2.3.3 Getriebe

Das Getriebe ist als mehrstufiges Stirnradgetriebe mit Tauchschmierung vorgesehen, das Gehäuse als Schweißkonstruktion ausgeführt. Die erforderliche Übersetzung beträgt dabei $i=75$ ($n_1=1500\text{min}^{-1}$, $n_2=20\text{min}^{-1}$). Somit wird bei konstanter Fahrgeschwindigkeit von 3m/s die stationäre Drehzahl der Wechselstrommaschine erreicht.

4.2.3.4 Bremssystem

Das Bremssystem besteht im Allgemeinen aus 3 Bremsen, der Sicherheits- und Hauptbremse sowie einer Betriebsbremse und einer Fahrbremse (Abb. 27). Diese Anordnung ist im Seilbahnbau üblich und auch gesetzlich vorgeschrieben.

4.2.3.4.1 Sicherheits- und Hauptbremse

Nach Vorschrift wirkt die Sicherheits- und Hauptbremse direkt auf einen Bremskranz an der Treibscheibe. Vorgesehen ist dazu eine Scheibenbremse, die federgespannt ist und nur mittels Hydraulik entlüftet werden kann. Das garantiert ein sicheres Bremsen der Anlage bei Ausfällen an der Elektrik und Hydraulik bzw. in Not-Aus-Situationen. Die erreichbare, über eine Drossel geregelte Verzögerung der Bremse liegt bei 0.7 m/s^2 .

Durch diese Umstände ist diese Bremse mit einem Bremsmoment von rund 350 kNm sehr gut dimensioniert.

Für das Bremssystem ist eine Hydraulikanlage erforderlich, um die Versorgung der Sicherheits- und Hauptbremse und in weiterer Folge auch der Betriebsbremse zu ermöglichen.

4.2.3.4.2 Betriebsbremse

Die Betriebsbremse wird zum Halten der Last beim Entladevorgang vorgesehen, da die Bremsung bis zum Stillstand mit der Fahrbremse erfolgt. Ausgeführt ist die Betriebsbremse als Scheibenbremse, die direkt auf das Vorgelege wirkt. Diese ist ebenfalls federgespannt und wird mittels Hydraulik entlüftet. Durch das zwischengeschaltete Getriebe fällt diese Bremse kleiner aus als die Sicherheits- und Hauptbremse. Die Bremse ist für ein Bremsmoment / Haltemoment von 3000 Nm ausgelegt.

Alternativ könnte auch eine Trommelbremse verwendet werden, ist aber in der Seilbahntechnik nur mehr wenig in Verwendung und bietet gegenüber der Scheibenbremse einige Nachteile – z.B. schlechtere Bremswirkung, thermische Belastbarkeit und Kühlung.

4.2.3.4.3 Fahrbremse

Um die konstante Geschwindigkeit von 3m/s halten zu können wird über die gesamte Fahrstrecke generatorisch mit der Wechselstrommaschine gebremst. Mit dieser Methode ist es möglich, die Energie auf elegante Weise zurück zu gewinnen. Der damit erzeugte Strom kann so zur Abdeckung des Energiebedarfs der Aufbereitungsanlage verwendet werden (Vorbrecheranlage mit 140kW, insgesamt 635kW Leistung im Werk Bleiberg-Kreuth installiert). Der mögliche Stromüberschuss bei Überproduktion kann durch Energierückspeisung in das Netz entgeltlich gemacht werden.

4.2.3.4.4 Generator bzw. Antriebsmotor

Die Wechselstrommaschine ist als 4-polige Niederspannungsmaschine ausgeführt mit einer stationären Drehzahl von $n_1=1500^{-1}$. Die benötigte Leistung für den Bremsbetrieb beträgt maximal 500 kW (Verzögerung des beladenen Förderwagens; 400 V, 50 Hz). Zusätzlich wird aufgrund der ungünstigen Betriebsarten (kein stationärer Betrieb) eine Fremdbelüftung benötigt, damit die Maschine nicht überhitzt. Grundsätzlich ist die Maschine als wartungsfrei anzusehen. Gegenüber dem noch immer weit verbreiteten Einsatz von Gleichstrommaschinen (wird nach und nach ersetzt) hat die Wechselstrommaschine die Vorteile, dass im generatorischen Betrieb keine Netzurückwirkung eintritt und dass die Maschine gegenüber Spannungsschwankungen unempfindlich ist.

Eine Überlegung wäre der kombinierte Einsatz von generatorischer Bremse und der Betriebsbremse. Die elektrische Maschine würde auf die benötigte motorische Leistung dimensioniert werden (Fahrt mit leeren Förderwagen benötigt rund 400 kW) und die Betriebsbremse würde größer ausfallen (100 kW bzw. 50000 Nm) wobei ein hoher Verschleiß an der Betriebsbremse erwartet wird und die verfügbare Energierückgewinnung durch Netzurückspeisung nicht völlig ausgenützt wird.

4.2.3.4.5 Speisung

Die Speisung und Drehzahlregelung der Wechselstrommaschine erfolgt über einen Stromrichter. Dieser ist für einen Vierquadrantenbetrieb ausgelegt, der die verschiedenen Betriebszustände wie Drehrichtungsumkehr (Bergfahrt, Talfahrt), Generatorbetrieb (während des Bremsens) und auch einen Motorbetrieb zulässt. Ausges-

tattet ist der Umrichter mit einer 6-pulsigen Einspeisung, alternativ kann als Ersatz ein Umrichter mit selbstgeführter, gepulster Einspeise-Rückspeiseeinheit verwendet werden. Die Leistung des Umrichters ist auf die Wechselstrommaschine abgestimmt und beträgt etwa 500 kW.

4.2.3.4.6 Energierückgewinnung

Während des Betriebs der Anlage steht eine Leistung von 500 kW bereit, prozentuell beträgt die Leistungsausbeute ca. 69% (ergibt sich aus den Zykluszeiten).

$$Ausbeute = \frac{t_{FW}}{t} \qquad Ausbeute = \frac{265s}{385s} \qquad Ausbeute = 68.8\%$$

Dies ergibt eine mögliche rückgewinnbare Energie von 3440 kWh in einer 10 h-Schicht.

$$E = Leistung \cdot 10h \cdot Ausbeute \qquad E = 500kW \cdot 10h \cdot 0.69 \qquad E = 3440kWh$$

4.2.4 Gleisanlage

4.2.4.1 Trasse

Die Trasse wurde zentral der Steinbruchmitte gelegt aufgrund der geplanten Nord-West-Erweiterung des Steinbruchs. Die Länge der Trasse beträgt etwa 350 m, die vom Förderwagen befahrbare, nutzbare Trasse hat eine Länge von 325 m. Die restlichen 25 m werden als Überfahrweg für das Gegengewicht benötigt. Förderwagen und Gegengewicht sind unsymmetrisch angeordnet um ein Einfahren des Gegengewichtes in die Entladestation / Brecherschacht zu verhindern. Das bedeutet in anderen Worten, dass der obere Totpunkt des Förderwagens um rund 25 m tiefer liegt als der obere Totpunkt des Gegengewichts. Diese unsymmetrische Anordnung ist in Abb. 53 dargestellt.

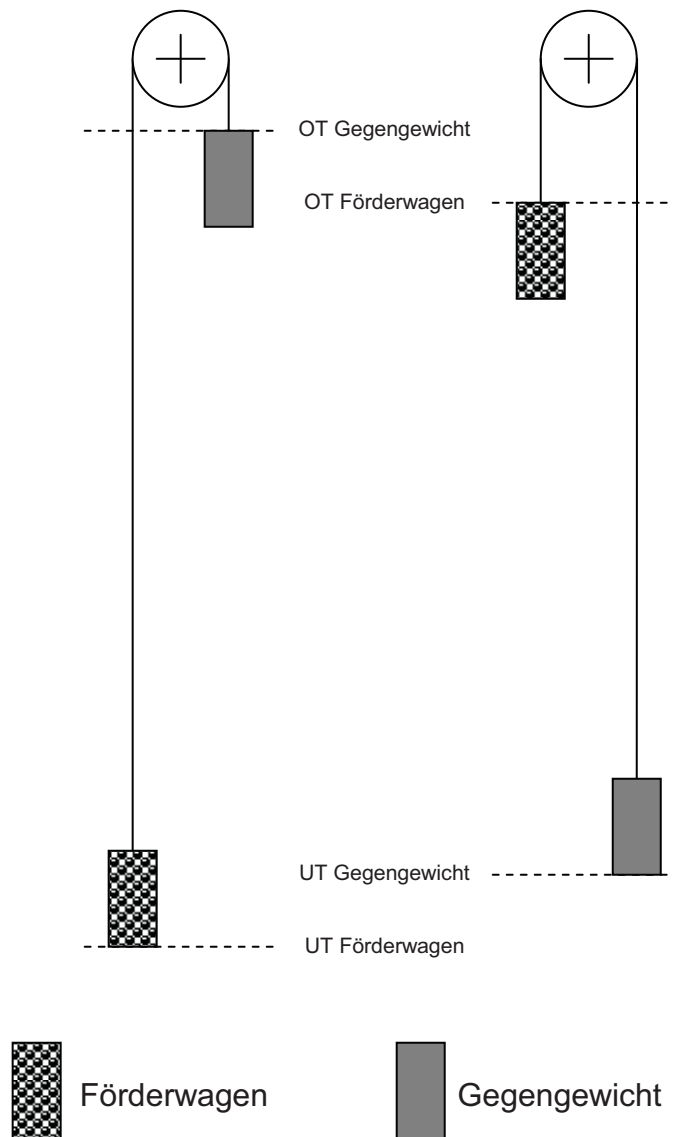


Abb. 53: Unsymmetrische Anordnung der Wagen

Die Trassenmitte weicht ca. 30° von der Brechermittellinie ab (Abb. 30 - e), die Zuführung der Trasse zum Brecherschacht erfolgt an der Südwestseite des Brechers (Abb. 30 - c). Die gesamte Anordnung ist auch in der Grundrisszeichnung einzusehen (Abb. 30).

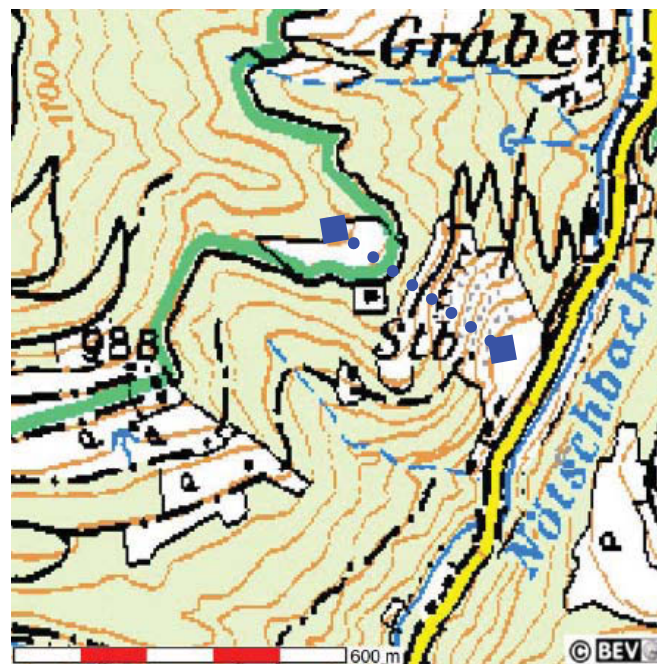


Abb. 54: Lage der Trasse

Der Höhenunterschied zwischen der Antriebsstation und der Entladestation beträgt ca. 190 m und wurde wie die Lage der Antriebsstation anhand einer topographischen Karte ermittelt (Abb. 54).

Die mittlere Neigung der Trasse beträgt rund 33° und ist in der Schnittzeichnung ersichtlich (Abb. 31). Die Trasse sollte so geradlinig wie möglich sein, eine Abweichung zu einer konkaven Form ist ungünstig, da das Seil dann die Tendenz zum Abheben hat.

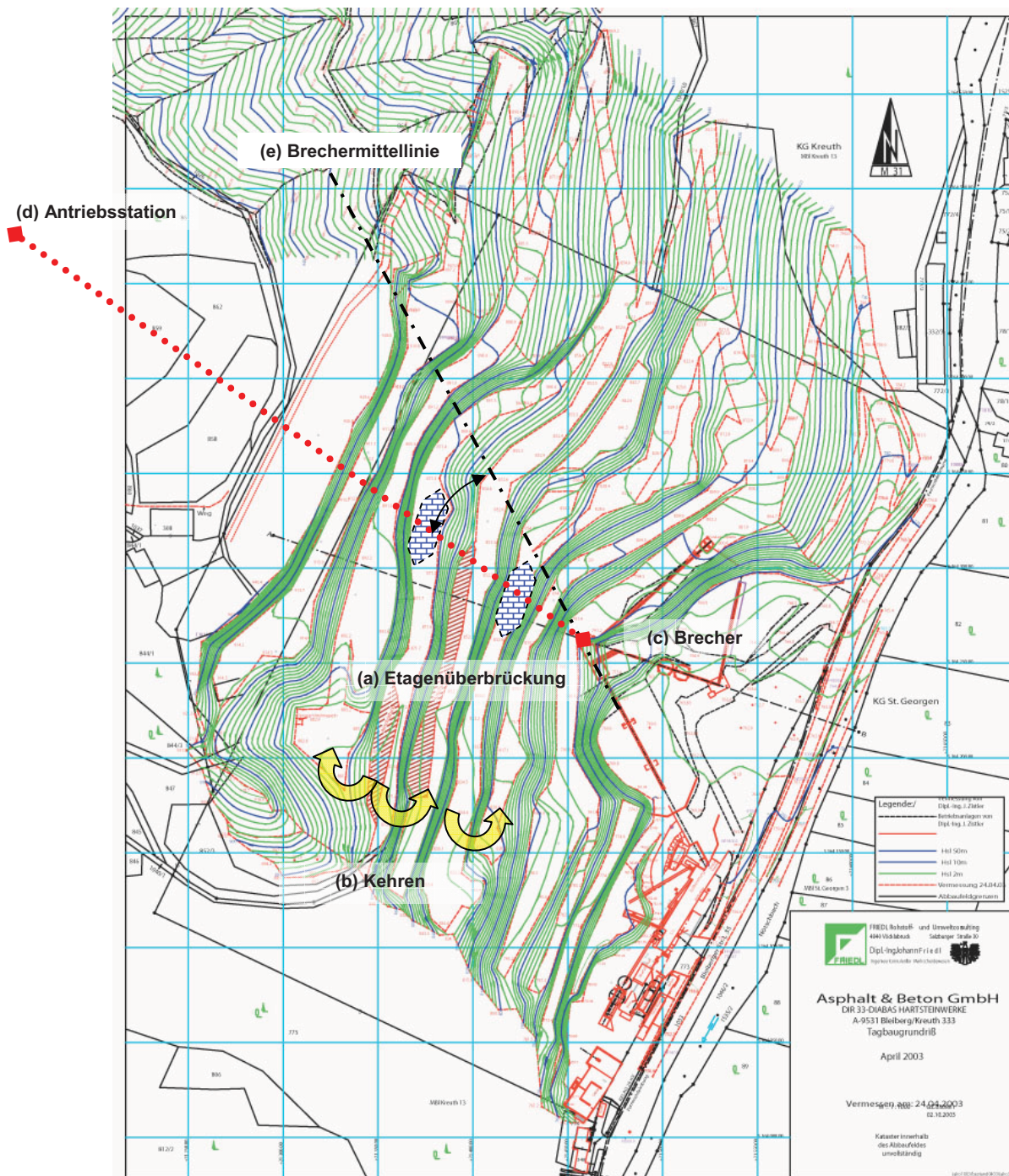


Abb. 55: Lage der Trasse, Grundriß

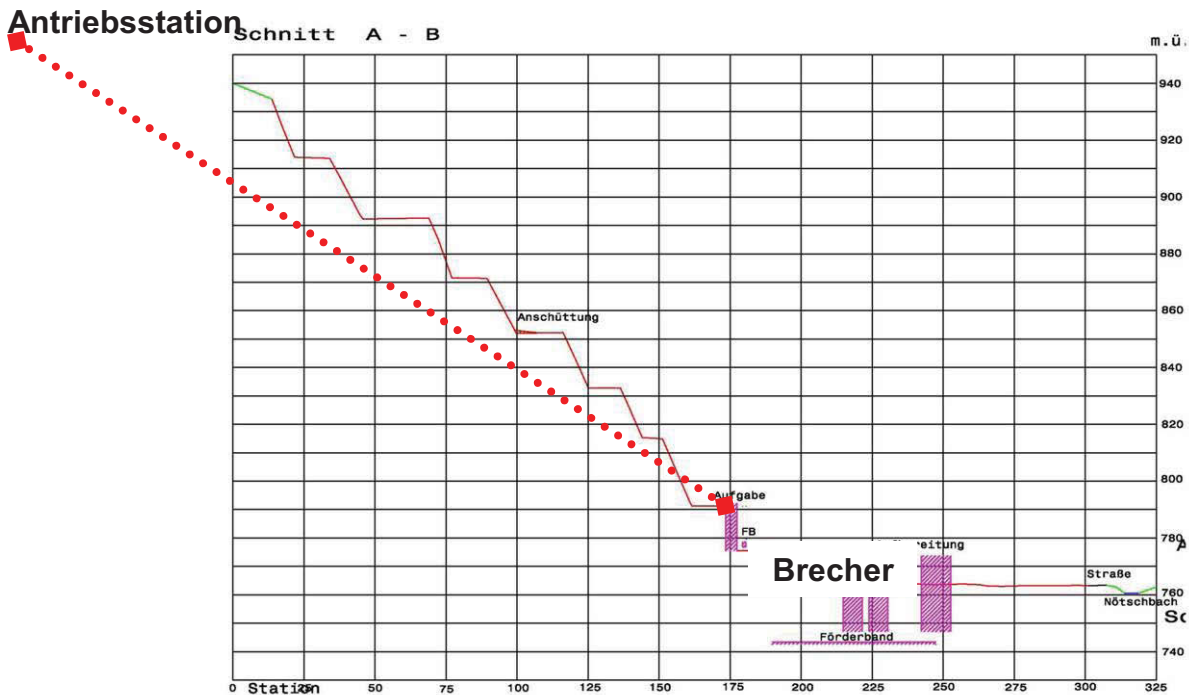


Abb. 56: Lage der Trasse, Schnitt

Die Herstellung der Trasse erfolgt durch Einsprengen einer rund 6 m (± 3 m) breiten Rinne in den Berg und anschließender Betonierung eines Fundamentes sowie Mauern an den Beladestellen. Durch die seitlichen Etagenwände, die sich durch diese Anordnung ergeben, ist zusätzlich ein guter Schutz gegen Seitenwind gegeben.

4.2.4.2 Zugängigkeit der Etagen

Um die Zugängigkeit der Etagen aufrecht zu erhalten, werden Überbrückungen (Abb. 30 – a) sowie Kehren benötigt (Abb. 30 - b). Vorgeschlagen wird der Einsatz von zwei Brücken in Stahlkonstruktion mit einer Nutzlast von je 100 t (zulässiges Gesamtgewicht eines Radladers des Typs CAT 990H beträgt ca. 78 t). Vorteil der Stahlkonstruktion ist die Möglichkeit der Demontage.

Eine Versetzung der Überbrückung an die jeweilige Abbauetage bei fortschreitendem Abbau wird nicht benötigt, da der Radlader den Förderwagen an jeder Stelle der Trasse erreicht.

Zusätzlich werden auf der linken Seite des Steinbruches Kehren und Rampen benötigt, die durch Sprengen und entsprechender Nachbearbeitung hergestellt werden.

4.2.4.3 Schienenführung

Die Schienenführung ist zweigleisig gestaltet, die beiden Gleise sind ineinander „geschachtelt“.

Als Schienen dienen handelsübliche Vignolschienen, die stoßweise (Schiene á 12 m) montiert werden. Die Befestigung der Schienen im Fundament muss beweglich gestaltet sein (z.B. mit Pratzen verschraubt) um Wärmeausdehnungen kompensieren zu können. Die Spurweite wird mit 2000 mm für das innere Gleis und mit 2.500 mm für das äußere Gleis gewählt.

Der Förderwagen benutzt das äußere Gleis, das Gegengewicht fährt auf dem inneren Gleis unter dem Förderwagen hindurch (Abb. 34).

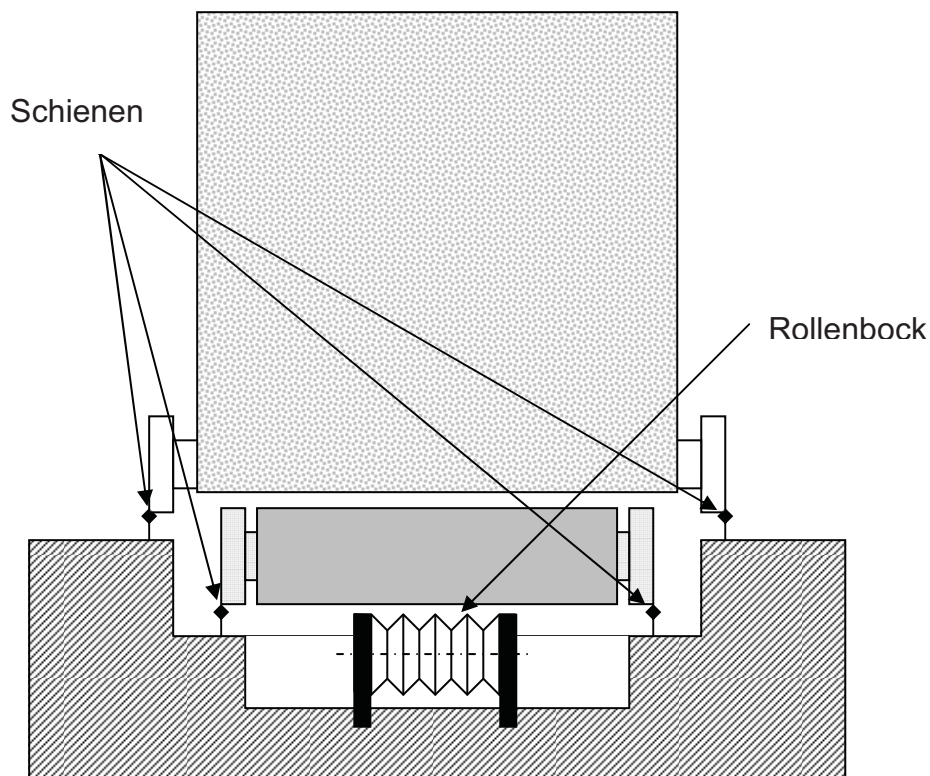


Abb. 57: Gleisführung

4.2.4.4 Seil

Als Seil ist ein Gleichschlagseil zu verwenden, da diese Art von Seil einen besseren Reibschluss zulässt, was für die Treibfähigkeit von entscheidender Bedeutung ist. Nachteil dieser Seilart ist seine nicht drehfreie Eigenschaft, d.h. das Seil neigt zum Verdrehen um seine eigene Achse.

Im Seilbahnbau ist die Verwendung von 6-litzigen Seale - Seilen mit Kunststoffeinlage sehr verbreitet, daher wird ein solches für die Anlage vorgeschlagen. Die erwartete Lebensdauer solcher Seile bewegt sich im Bereich Jahre – Jahrzehnte. Dies setzt einen guten Korrosionsschutz und gute Wartung (nachölen) voraus.

Zudem sind die Seile periodisch auf Sicht zu prüfen sowie regelmäßig magnetinduktiv und mittels Durchstrahlung zu überprüfen.

Gefordert wird unter erschwerten Bedingungen wie z.B. Steinschlag eine 8-fache Sicherheit des Seiles gegen Bruch, wie in [3], [7] bzw. [8] beschrieben wird. Um zusätzlichen Schutz während einer Sprengung bieten zu können, wäre es sinnvoll, das Seil mit einem entsprechenden Seilschutz zusätzlich schützen zu können, welcher wie in Abb. 58 angedeutet aussehen könnte.

Dieser Seilschutz wird vom Zugseil getragen und besteht aus einem Blechprofil (etwa 10 mm Stärke) mit integrierten Seilrollen aus Kunststoff (Gewichtersparnis). Montiert wird der Seilschutz in Segmenten zu etwa 5 m (Abb. 59), die Segmente sind beweglich miteinander verbunden (Seildurchhang). Rasches An- und Abbauen der Vorrichtung wird durch das offene Blechprofil gewährleistet, da die Segmente nur am Seil eingehängt werden müssen.

Die Sicherung erfolgt durch ein Drahtseil, welches das erste Segment mit der Bergstation verbindet.

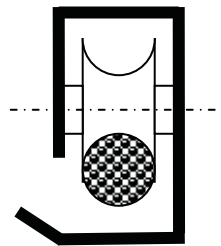


Abb. 58: Seilschutz für Sprengungen

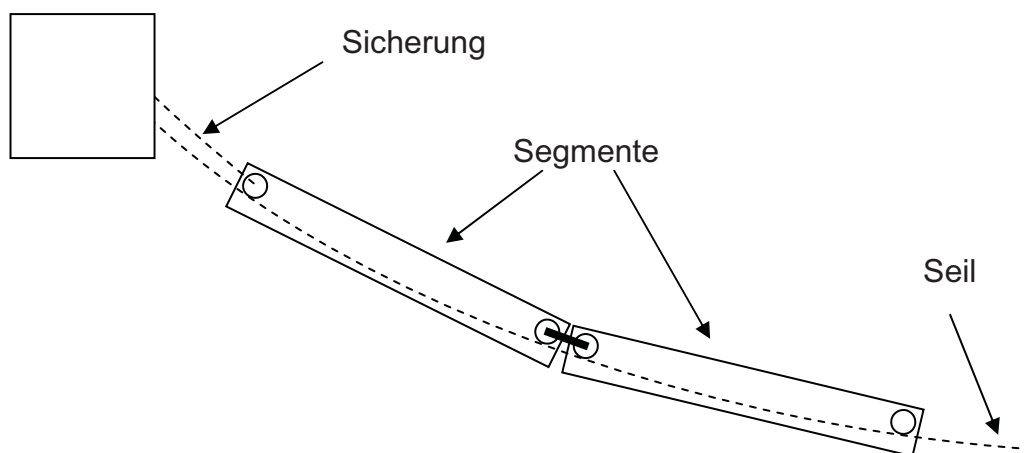


Abb. 59: Seilschutzsegmente

4.2.4.5 Seilführung

Um ein Schleifen des Seiles am Boden entlang der Trasse zu vermeiden sind Seilführungsrollen erforderlich. Die Rollenböcke sind im Abstand von etwa 10 m angebracht (ergibt eine Anzahl von ca. 35 Stück verteilt über die Trasse) und als Rollen mit Gummifutter ausgestattet. Ein Rollenbock besteht dabei aus 4 nebeneinander gereihten Rollen (da 4 Seilstränge), der Rollenbock ist in die Trasse eingelassen um das Überfahren des Gegengewichts und des Förderwagens zu gewährleisten (siehe auch Abb. 34).

Unter der Antriebsstation ist eine zusätzliche Seilführung erforderlich um die Seilstränge voneinander zu trennen und ein gegenseitiges Aufschlagen der Seile zu vermeiden (Abb. 38). Die Seilablenkung sollte dabei so klein wie möglich sein, damit

kein unnötiger Verschleiß an der Treib- und Spanscheibe auftritt bzw. das Seil aus seiner Führung springt. Maximal darf die Seilablenkung bei gefütterten Scheiben rund 6° (0.1 rad) betragen [7].

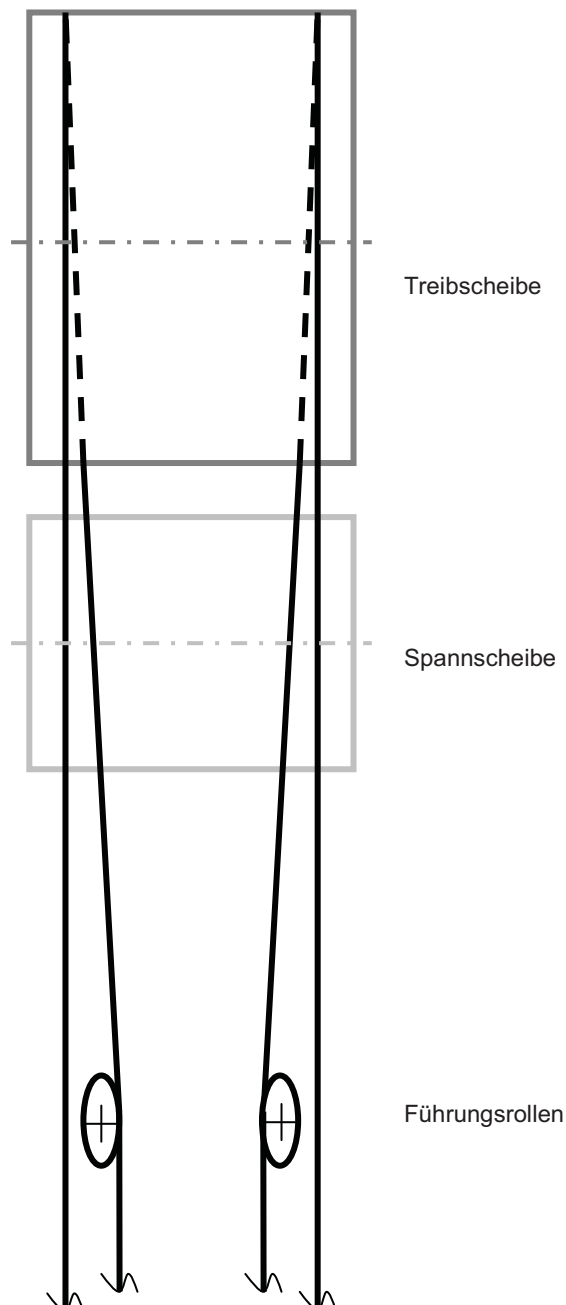


Abb. 60: Führungsrollen bei der Antriebsstation

Zusätzlich wird bei fortschreitendem Abbau eine Seilführung benötigt um ein Aufeinander schlagen der Seile zu verhindern (Abb. 61, Abb. 62). Diese ist als schwebende Rollenbatterie angeordnet und wird mit Seilen verspannt.

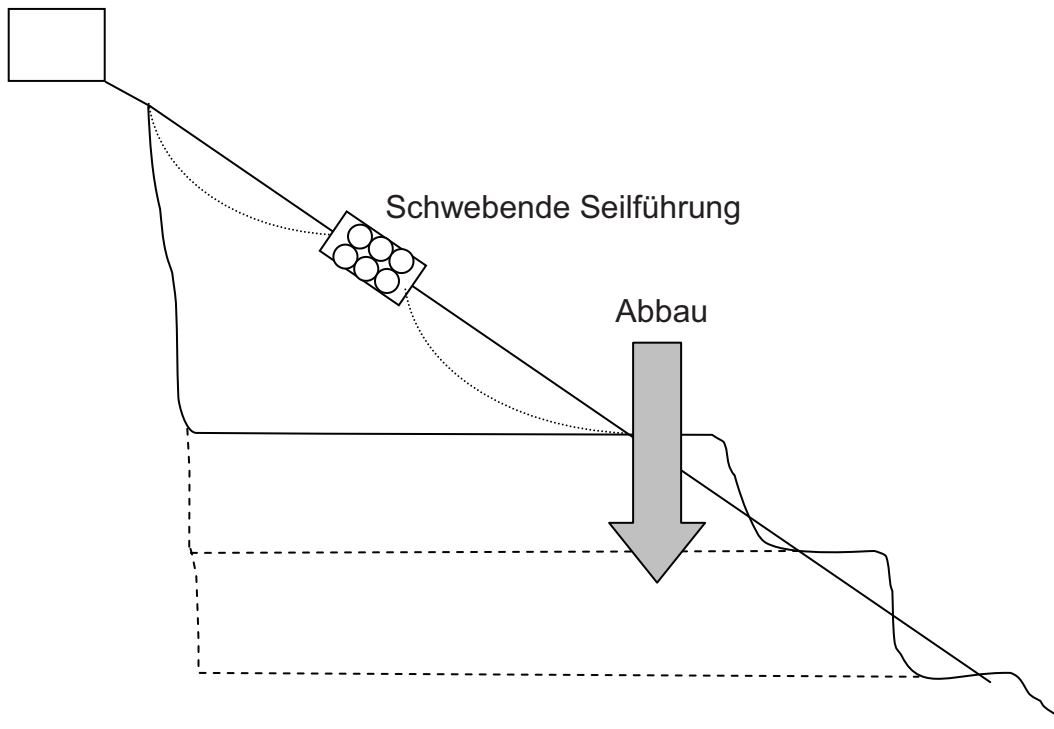


Abb. 61: Seilstützung

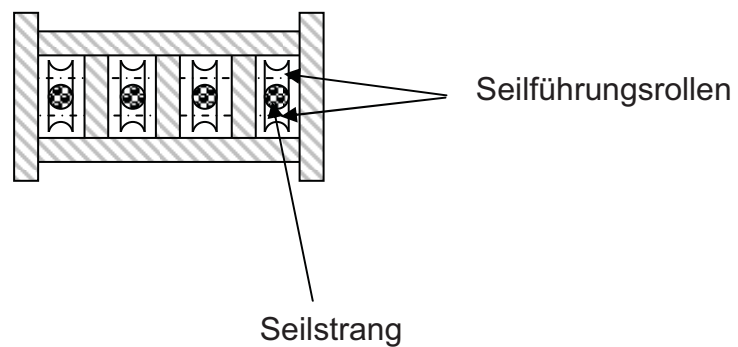


Abb. 62: Seilrollen der schwebenden Seilführung

4.2.5 Förderwagen und Gegengewicht

4.2.5.1 Förderwagen

Das erforderliche Fassungsvermögen des Förderwagens beträgt rund 36 m^3 , was einer Nutzlast von etwa 60 t entspricht – gewählt wird das Fassungsvermögen mit rund 40 m^3 um Sicherheiten zu bieten (Anhäufung des Materials). Das Fassungsvermögen ist auf den Schaufelinhalt der Radlader abgestimmt, damit dieser gut ausgelastet ist und nicht mit teilbefüllten Schaufeln hantieren muss.

Die Verkippung des Materials in den Brecherschacht erfolgt durch Bodenentleerung (Abb. 41).

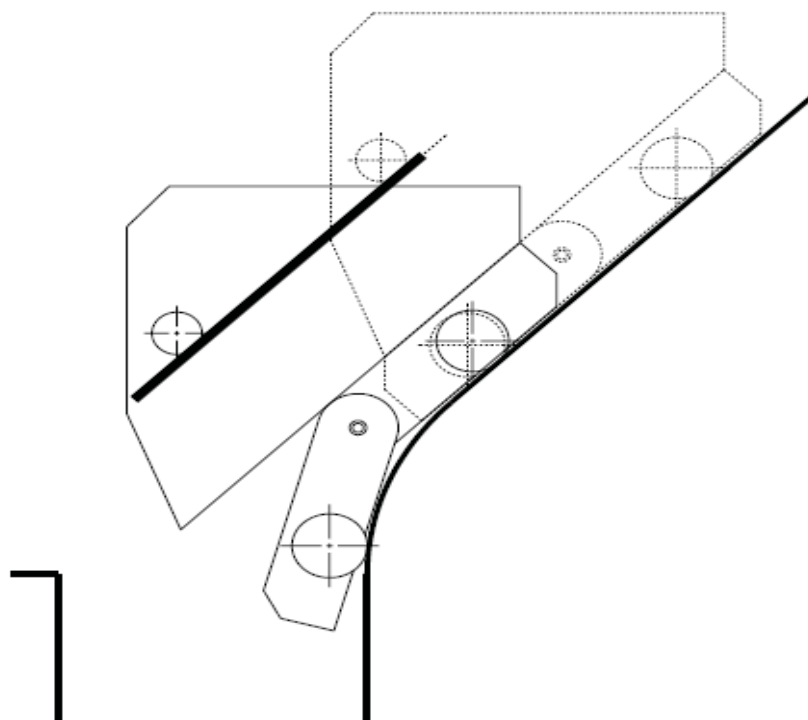


Abb. 63: Prinzip der Bodenentleerung

Das Fördergefäß ist eine Stahlkonstruktion aus Stahlblechen (20mm) und ist zusätzlich an der Innenseite mit Platten ausgekleidet um vor Verschleiß durch das stark abrasive Diabas-Hartgestein zu schützen. Als Verschleißplatten dienen Verschleißbleche (20 mm, Hardox 400, Härte von 400 HBW) an den Seitenwänden und ver-

schleißfeste Gummipplatten (150 mm, Trellex, Härte von 60 IRH) am stärker beanspruchten Fördergefäßboden.

Der schall- und stoßdämpfende Effekt der Gummipplatten dämpft die Geräuschentwicklung bei der Beladung, zusätzlich beträgt die Haltbarkeit ein 3- bis 5-faches der von Verschleißblechen. Nachteil sind die bis zu 5-fach höheren Kosten dieser Platten.

Bei der Anbringung der Verschleißbleche ist es ratsam, die Bleche auf Gummiklötzen zu lagern um bessere Eigenschaften hinsichtlich Schallemission und Stoßdämpfung zu erreichen.

An der Außenseite des Fördergefäßes sind 2 Räder (Abb. 42 - b) angebracht, die bei der Entleerung eine weiterhin geradlinige Fahrt des Gefäßes ermöglichen. Diese Räder laufen auf eigenen Schienen, die in entsprechender Höhe in der Entladestation angeordnet sind. Die Spurweite der Räder beträgt 2900 mm.

Der Unterwagen besteht aus zwei miteinander beweglich verbundenen Teilen (Abb. 42) wobei der hintere Teil (Abb. 42 - e) fest mit dem Fördergefäß (Abb. 42 - a) verbunden ist. Der vordere Teil (Abb. 42 - d) ist nach unten klappbar um die Entleerung des Gefäßes bei Einfahrt in die Entladestation zu ermöglichen. Der 2-achsige Unterwagen (Spurweite 2500 mm) ist mit Rädern mit einfachem Spurkranz (Abb. 42 - c) ausgeführt.

Ein Entleeren während der Fahrt ist unmöglich, da das Gewicht des Förderkübels und des Materials dies nicht zulässt.

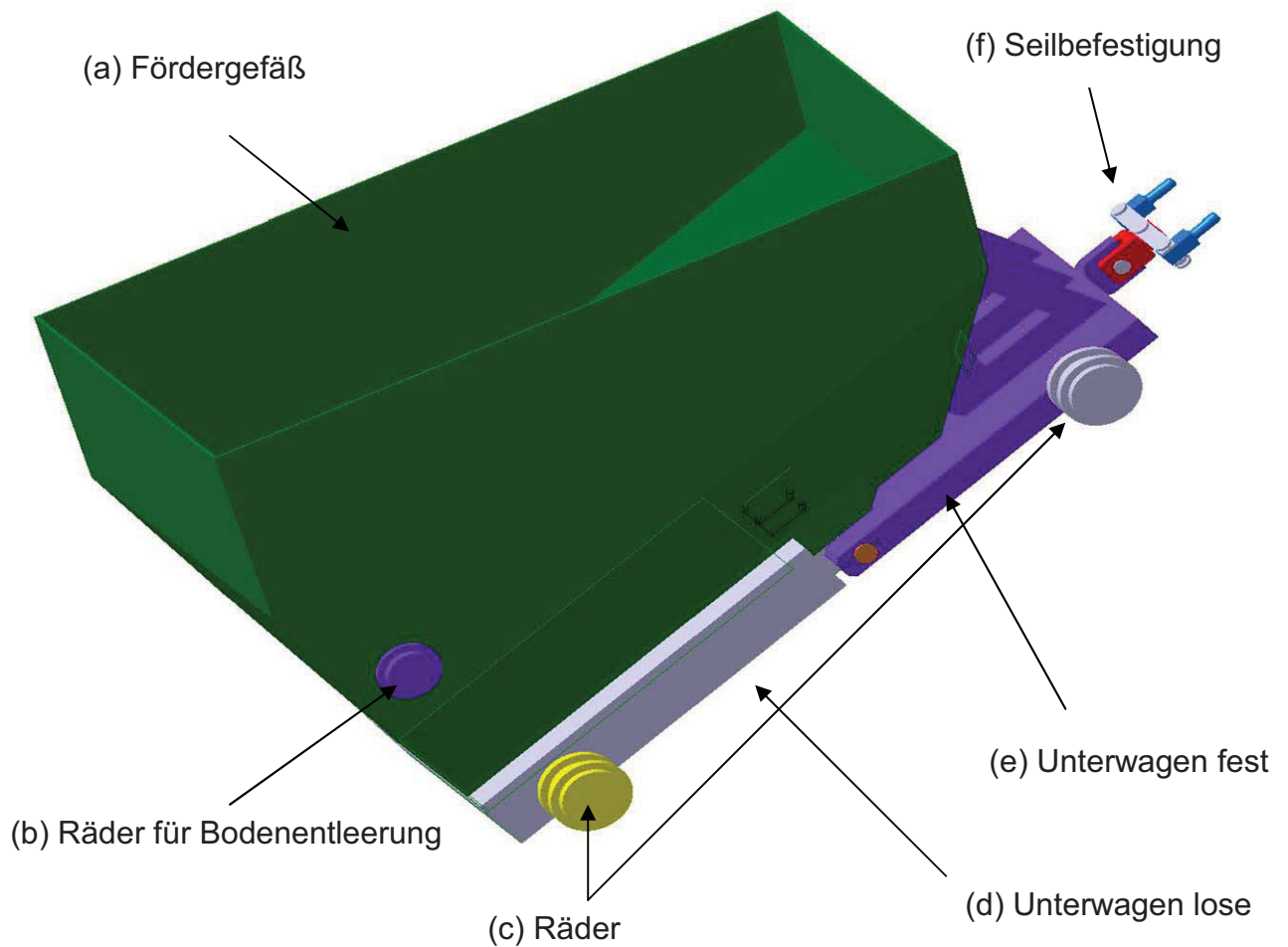


Abb. 64: Komponenten des Förderwagens

Die Seilbefestigung (Abb. 43) wird mittels Vergusskegeln (Abb. 43 - a), die in einer Nachstellvorrichtung (Abb. 43 - b) gelenkig befestigt sind. Durch Austausch der Keile ((Abb. 43 – b – gelbe Klötze) wird die Justierung erreicht. Ein beweglich gelagertes Joch ermöglicht außerdem einen Ausgleich unterschiedlicher Seilbewegungen (Abb. 43 - c).

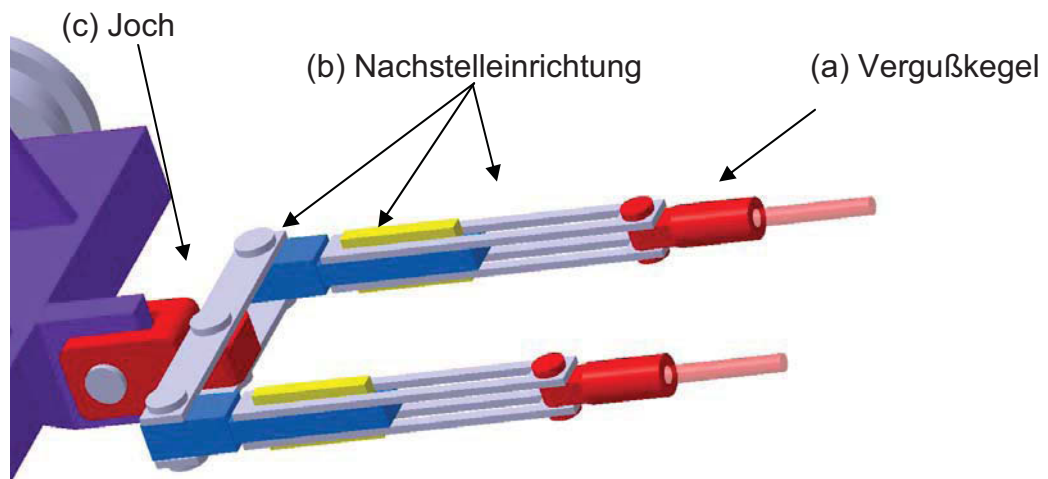


Abb. 65: Seilbefestigung am Förderwagen

4.2.5.2 Gegengewicht

Die Funktion des Gegengewichts ist die Optimierung der Brems- bzw. Antriebsleistung. Abgestimmt ist die Gegengewichtsmasse auf das Mittel der Einzelmassen des leeren und des beladenen Förderwagens, dadurch wird ein Minimum an erforderlicher Brems- und Antriebsleistung erreicht. Die Masse ergibt sich zu 53 t und wird hauptsächlich durch Füllen des Gegengewichts mit Schwerbeton erreicht (Dichte $\rho=3.5 \text{ t/m}^3$).

Der Wagen ist eine 3-achsige, kastenförmige Konstruktion in 2 Teilen (Abb. 66 - a), die beweglich miteinander verbunden und über eine Kette gesichert sind. Die bewegliche Verbindung ist gleichzeitig die mittlere Achse, insgesamt ist der Wagen mit 6 Rädern mit einfachem Spurkranz bestückt.

Da das Gegengewicht flach konstruiert ist und mehr in die Länge baut gestaltet sich die Lastverteilung mit 3 Achsen / 6 Rädern besser und durch die bewegliche Verbindung der beiden Wagen ist der Radkontakt zur Schiene immer gewährleistet.

An der Oberseite des Wagens befinden sich an Front und Heck jeweils Seilführungsrollen die nach Überfahrt des Förderwagens (Talfahrt) die Seilführung übernehmen.

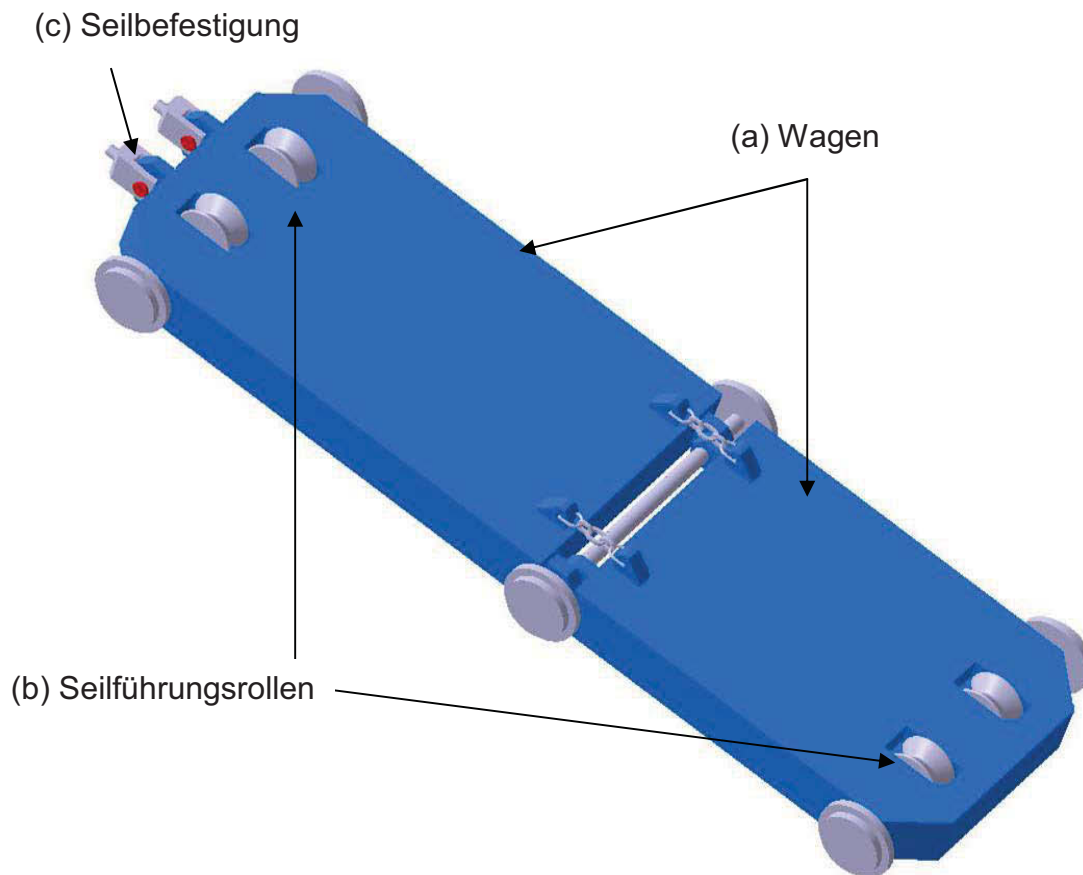


Abb. 66: Komponenten Gegengewicht

Die Befestigung des Seiles erfolgt über gelenkig verbundene Keilklemmen, um ein Ändern der Seillänge zu ermöglichen (Abb. 67). Die Klemmkraft dieser Verbindung steigt mit zunehmender Zugkraft.

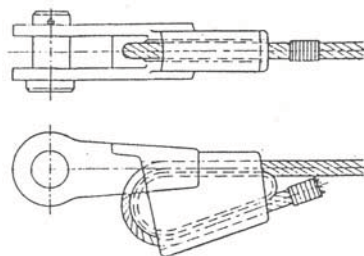


Abb. 67: Seilendverbindung – Keilklemme [6]

Zusätzlich ist eine Sicherung des Klemmkeiles erforderlich falls der Seilzug zu klein wird und das Seil nicht durchrutschen kann.

Die benötigte Seilreserve kann an einer Vorrichtung, die auf dem Gegengewicht platziert wird, gespeichert werden (Aufwicklung).

4.2.6 Entladestation

Durch die seitliche Zuführung der Trasse und die geplante Bodenentleerung der Förderwagen ist ein Umbau des Brecherschachtes und der Brechereinhausung unumgänglich. Die Seitenwand müsste durchbrochen werden und der Schacht erweitert und umgebaut werden.

Die Zuführung zum Brecher ist aufgrund der Topologie sehr massiv gestaltet, da praktisch eine Etage zu überbrücken ist. Um weiterhin die Befahrbarkeit der Etagen gewährleisten zu können ist eine Unterführung vorgesehen.

Diese Überlegungen sind in Abb. 45 zu sehen.

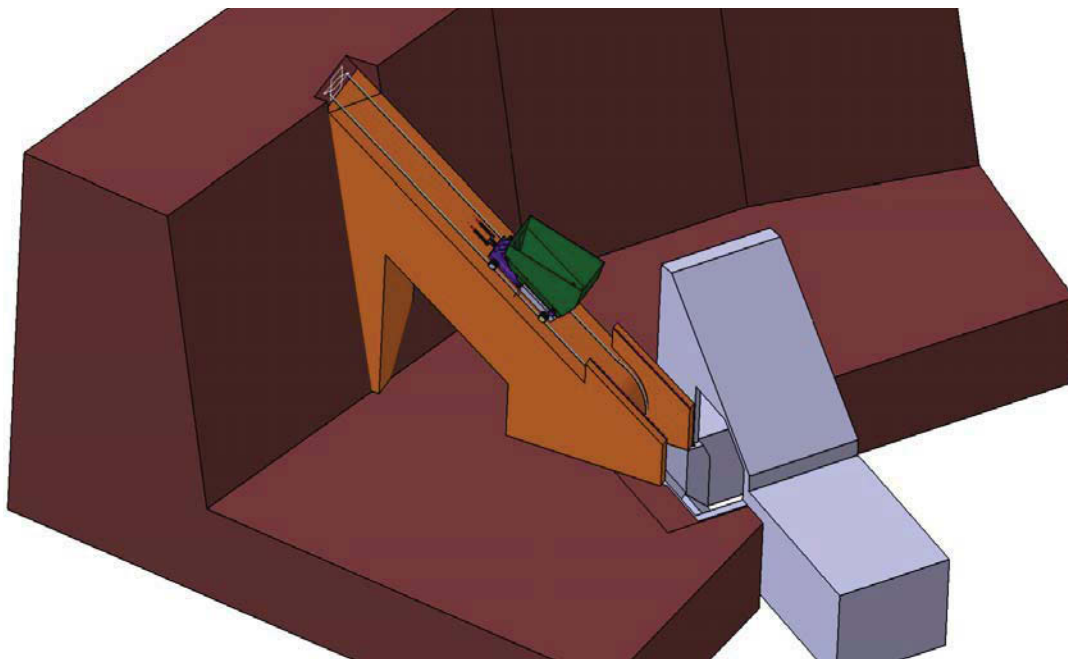


Abb. 68: Entladestation - Brecherumbau – Bodenentleerung

Für die Bodenentleerung sind nach unten gekrümmte Schienen erforderlich, auf denen der lose Unterwagen seine Kippbewegung durchführen kann. Zusätzlich sind für die Bodenentleerräder des Förderwagens Schienen in einer Höhe von etwa 1000

mm mit einer Spurweite von 2900 mm nötig, auf denen der Förderkübel abgleitet (Abb. 45).

Um der Staubentwicklung und den Witterungseinflüssen entgegenwirken zu können, wird eine Überdachung der neuen Anlage benötigt und könnte als Zubau direkt an die Brechereinhausung realisiert werden (Abb. 46).

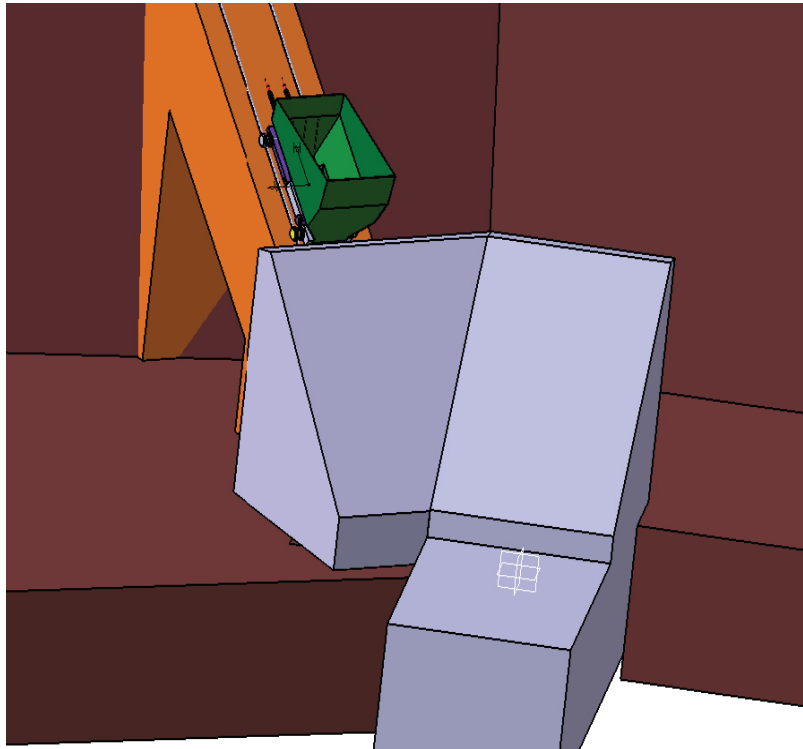


Abb. 69: Entladestation - Einhausung

4.2.7 Funktion der Anlage

Im Betrieb wird der Förderwagen in der Beladestation mittels Radlader beladen. Bei der Talfahrt wirkt der Stromrichterantrieb generatorisch bremsend, bei Einfahrt in die Entladestation wird der Förderwagen verzögert und auf Stillstand abgebremst, wo die Bodenklappe bereits vollständig geöffnet ist.

Die Betriebsbremse hält den Wagen in Position bis zur vollständigen Entleerung.

Bei der folgenden Bergfahrt schließt sich die Bodenklappe selbstständig und kann an keiner anderen Stelle geöffnet werden.

Da in dieser Situation das Gegengewicht überwiegt, wird auch in diesem Fall generatorisch gebremst.

Ein Betrieb mit Personen- und Mannschaftstransport ist nicht vorgesehen bzw. erlaubt.

4.2.8 Eigenschaften der Anlage

Durch das Gegengewicht kann die Brems- und Antriebsleistung auf ein Minimum optimiert werden (Umfangskraftdifferenz an der Treibscheibe), der gesamte Antriebsstrang wird weniger massiv hinsichtlich Konstruktion und Investition ausfallen.

Zudem gestaltet sich die Schienen- und die Seilführung einfach, da weder Weichen noch spezielle Seilführungsrollen benötigt werden.

Bei der Beladung weist diese Variante ebenfalls Vorteile auf, da eine Überbrückung an der momentanen Abbaufont nicht zwingend benötigt wird. Der Radlader erreicht den Förderwagen von jeder Seite.

Die Trasse fällt ebenfalls schlanker aus, da sie praktisch um die Hälfte schmaler baut als die Trasse bei Pendelbetrieb (Ausweichstelle).

Im Gegensatz zum Pendelbetrieb zweier Förderwagen kommt es bei Betrieb mit einem Gegengewicht immer zu einer „Leerfahrt“, dies lässt diese Variante eher unwirtschaftlich erscheinen.

Da die Förderwagenfahrt gegenüber dem Beladevorgang länger dauert, kommt es zu ungünstigen Wartezeiten des Radladers, die Ausnutzung der Radlader ist nicht besonders gut. Der Zeitunterschied beträgt dabei bis zu 60 Sekunden, in denen der Radlader an der Beladestation auf eine Beladung warten muss.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Variante mit Gegengewicht konstruktiv einfacher ist, jedoch wirtschaftlich auch Nachteile bietet.

4.2.9 Investitionskosten

Die zu erwartenden Gesamtinvestitionskosten für die Anlage belaufen sich im Bereich € 2.200.000 (mit Stahlbautrasse) bis € 3.400.000 (mit Betontrasse). Nachfolgend sind diese Kosten aufgeschlüsselt.

			Beton	Stahl
Benennung	Menge	Kosten / Einheit	Kosten [€]	Kosten [€]
Förderkübel	1	-	218.988	218.988
Gegengewicht	1	-	165.959	165.959
Trasse	1	-	1.835.084	1.143.896
Mechanik	1	-	121.982	121.982
Elektrik	1	-	234.259	234.259
Entladestation	1	-	316.483	316.483
Sonstiges	1	-	589.993	30.000
Summe	-	-	3.482.748	2.231.568

4.2.9.1 Antrieb – Elektrische Ausrüstung

AC-Maschine: Angebot der Fa. Siemens

Umrichter: Angebot der Fa. Siemens

Stromversorgung: Angebot Fa. Helukabel – Verkabelung der Bergstation - Transformator

Elektrische Einrichtungen: Schaltschränke, Kleinmaterial

Automation: Automation der Anlagensteuerung, angenommener Wert

Installation: 40% der Materialkosten



Benennung	Menge	Kosten / Einheit	Kosten [€]
AC-Maschine Klasse 500kW	1	-	23.868
Umrichter Klasse 500kW	1	-	54.000
Stromversorgung	3 x 800m	2790 €/100m	66.960
Elektrische Einrichtungen	-	-	7.500
Automation	-	-	15.000
Installation	-	-	66.931
Summe	-	-	234.259

4.2.9.2 Antrieb – Mechanische Ausrüstung

Drahtseil: Angebot der Fa. Teufelberger

Betriebsbremse: Angebot der Fa. Bubenzer

Sicherheitsbremse: Angebot der Fa. Bubenzer

Hydraulikversorgung: Angebot der Fa. Bubenzer

Getriebe: Richtpreis der Fa. Renold

Maschinenelemente: Annahme; Kupplungen, Lagerung etc.

Seilführung: Annahme; Treibscheibe, Spannscheibe, Führungsrollen

Installation: 40% der Materialkosten

Benennung	Menge	Kosten / Einheit	Kosten [€]
Offenes Drahtseil Ø 50 mm	2 Stk. á 700 m	51,13 €/m	71.582
Betriebsbremse (Scheibenbremse)	1	-	3.000
Sicherheitsbremse (Scheibenbremse)	1	-	5.000
Hydraulikversorgung für Bremsen	1	-	3.000
Getriebe	1	-	10.000
Maschinenelemente	-	-	10.000
Seilscheiben, Seilführung	-	-	5.000
Installation	-	-	14.400
Summe	-	-	121.982



4.2.9.3 Trasse

Sprengharbeit:	Breite 6 m, Querschnitt = ca. 8087 m ² = ca. 48525 m ³ Material; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH
Betonfundament:	Breite 4 m, Länge 300 m, Tiefe 2 m; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH
Beton für Beladestation:	Mauerdicke 1 m, Breite 10 m , Tiefe 0 - 10 m (Dreieckform) = ca. 100 m ³ je Etage; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH
Schienen:	2 Gleisanlagen zu 350 m; Preise Fa. Kovac Stahlhandel
Schienenbefestigung:	Befestigung im Abstand 0.5 m;
Herstellung – Geleise:	Herstellkosten zu 4 €/kg für Stahlbau, Gesamtgewicht 29.000 kg (nur Stahl); Preise Fa. Mineral Abbau GmbH
Seiltragrollen:	Rollenbock zu 300 €/Stk; Auskunft Fa. Gmundner Zement
Torkretierung:	Sicherung des Gebirges mit Stahlnetzen & Spritzbeton im Bereich der Sprengrinne; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH
Sprenghschutz:	25 Tafeln Blech zu 10mm (4000kg zu 899 €/to), 50 Stk. Seilrollen zu 100 €/Stk; Preise Fa. Kovac Stahlhandel
Herstellung - Sprenghschutz:	Herstellkosten zu 4 €/kg für Stahlbau, Gesamtgewicht 4.000kg (nur Stahl); Preise Fa. Mineral Abbau GmbH



Benennung	Menge	Kosten/Einheit	Kosten [€]
Sprengarbeit	48.525 m ³	4 €/m ³	194.088
Betonfundament	2400m ³	325 €/m ³	780.000
Beton für Beladestationen	900 m ³	325 €/m ³	292.500
Schienen (für 350m)	120 Stk á 12 m	36 €/m	50.400
Schienenbefestigung	1.500 Stk.	5 €/Stk	7.000
Herstellung - Geleise	-	4 €/kg Stahl	116.000
Seiltragrollen	35 Stk.	300 €/Stk	10.500
Torkretierung	4.000 m ²	90 €/m ²	360.000
Sprengschutz	-	-	8.596
Herstellung - Sprengschutz	-	4 €/kg Stahl	16.000
Summe	-	-	1.835.084

Abweichend bei Variante mit Stahlbautrasse:

Stahlkonstruktion – Material: Stahlbedarf bei Stahlbautrasse, pro Etage 17.300 to Stahlprofil UPE 240, 0.864€/kg; Preise Fa. Kovac Stahlhandel

Stahlkonstruktion – Herstellung: Herstellkosten zu 3.5 €/kg für Stahlbau; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH

Betonabstützer: insgesamt ca. 200 m³; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH

Torkretierung: Sicherung der Bruchwand unterhalb der Trasse, 15 m x 25 m je Etage, 8 Etagen berücksichtigt; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH



Benennung	Menge	Kosten/Einheit	Kosten [€]
Stahlkonstruktion - Material	8 Stk.	14.500 €/Etage	116.000
Stahlkonstruktion - Herstellung	8 Stk.	58.500€/Etage	484.400
Betonabstützer	200 m ³	325 €/m ³	65.000
Schienen (für 350m)	120 Stk á 12 m	36 €/m	50.400
Schienenbefestigung	1.500 Stk.	5 €/Stk	7.000
Herstellung - Geleise	-	4 €/kg Stahl	116.000
Seiltragrollen	35 Stk.	300 €/Stk	10.500
Torkretierung	3.000 m ²	90 €/m ²	270.000
Sprengschutz	-	-	8.596
Herstellung - Sprengschutz	-	4 €/kg Stahl	16.000
Summe	-	-	1.143.896

4.2.9.4 Förderwagen

Grobblech Fördergefäß 55 m² (Breite 2.5 m, Länge 4 m, Höhe 3.5 m) ; Preise Fa. Kovac Stahlhandel

Auskleidung Fördergefäß: 45 m² (Stirn- und Seitenwände) ; Preise Fa. Kovac Stahlhandel

Auskleidung Fördergefäßboden: 10 m² (Bodenblech) ; Preise Fa. Metso Minerals

Restliche Materialkosten: Angenommener Wert

Herstellung - Förderwagen: Herstellkosten zu 7 €/kg für Maschinen-/Stahlbau, Gesamtgewicht 20.000kg (nur Stahl); Preise Fa. Mineral Abbau GmbH



Benennung	Menge	Kosten / Einheit	Kosten [€]
Grobblech für Fördergefäß 20mm	55 m ²	309 €/Tafel (2 m ²)	8.498
Auskleidung Fördergefäß Hardox 20mm	45 m ²	2442 €/Tafel (12 m ²)	9.158
Auskleidung Fördergefäßboden Trellex	10 m ²	850 €/Stk (0,75 m ²)	11.333
Restliche Materialkosten	-	-	15.000
Förderwagen - Herstellung	-	7 €/kg Stahl	175.000
Summe	-	-	218.988

4.2.9.5 Gegengewicht

Grobblech: Gegengewichtabmaße 2 m x 10 m x 0,5 m = 52 m²;
Preise Fa. Kovac Stahlhandel

Restliche Materialkosten: Angenommener Wert

Füllmaterial: 2 m x 10 m x 0,5 m = 10 m³; Preise Fa. Schwarz

Herstellung - Gegengewicht: Herstellkosten zu 7 €/kg für Maschinen-/Stahlbau,
Gesamtgewicht 20.000kg (nur Stahl); Preise Fa.
Mineral Abbau GmbH

Benennung	Menge	Kosten / Einheit	Kosten [€]
Grobblech für Kasten 40mm	52m ²	619 €/Tafel (2 m ²)	16.094
Restliche Materialkosten	-	-	8.000
Füllmaterial Schwerbeton [3,5t/m ³]	10m ³ (35t)	186,5 €/m ³	1.865
Gegengewicht - Herstellung	-	7 €/kg Stahl	140.000
Summe	-	-	165.959

4.2.9.6 Entladestation

Betonbedarf Entladestation: Kubatur aus CAD; Preise Fa. Mineral
Abbau GmbH

Materialkosten Stahl:	Abschätzung mit ca. 13 t U-Stahl
Kosten Stahlbau:	Herstellkosten zu 4 €/kg für Stahlbauten, Gesamtgewicht 13.000 kg (nur Stahl); Preise Fa. Mineral Abbau GmbH
Materialkosten Sonstige:	Angenommener Wert
Beton für Brechereinhausung:	Kubatur aus CAD; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH
Beton für Umbau Brecherschacht:	Kubatur aus CAD; Preise Fa. Mineral

Benennung	Menge	Kosten / Einheit	Kosten [€]
Materialkosten Beton	700 m ³	325 €/m ³	227.500
Materialkosten Stahl	13 t	816 €/t	10.608
Kosten Stahlbau	13 t	4 €/kg Stahl	52.000
Materialkosten Sonstige	-	-	15.000
Umbau Brechereinhausung - Beton	20 m ³	325 €/m ³	6.500
Umbau Brecherschacht - Beton	15 m ³	325 €/m ³	4.875
Summe	-	-	316.483

4.2.9.7 Sonstiges

Endabnahme, Überprüfung:	Angenommener Wert
Sprennarbeit Kehren:	Gefälle 10%; Höhenunterschied 20m; Breite 10m; Länge 100m; Kubatur von 20000m ³ je Kehre; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH
Bauarbeit Kehren:	Aufbereitung der Kehren; 400 Std. Arbeit; 2 Stk. Muldenkipper & Hydraulikbagger mit Mann; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH
Stahlüberbrückung:	Je 10 Stk. IPB 500, 50 Stk UPE 200; Preise Fa. Kovac Stahlhandel

Stahlüberbrückung – Herstellung: Herstellkosten zu 4 €/kg für Stahlbau, Gesamtgewicht 20.000 kg / Brücke; Preise Fa. Mineral Abbau GmbH

Benennung	Menge	Kosten / Einheit	Kosten [€]
Endabnahme, Überprüfung	-	-	30.000
Sprengarbeit Kehren	3	4 €/m ³	240.000
Bauarbeit Kehren	3	314 €/Std	125.644
Stahlüberbrückung	2 Stk.	-	34.349
Stahlüberbrückung - Herstellung	2 Stk.	4 €/kg Stahl	160.000
Summe	-	-	589.993

Abweichend bei Variante mit Stahlbautrasse:

Bis auf die Endabnahme, Überprüfung entfallen sämtliche Kosten.

4.2.10 Beladung

Die Preise beziehen sich auf diverse Angebote.

Variante 1 – 2 Stk. Radlader CAT 990H

Benennung	Menge	Kosten / Einheit	Kosten [€]
Radlader CAT 990H	2 Stk.	926.968	1.853.936
Summe	-	-	1.853.936

Variante 2 – 2 Stk. Radlader Komatsu W700

Benennung	Menge	Kosten / Einheit	Kosten [€]
Radlader Komatsu W700	2 Stk.	750.000	1.500.000
Summe	-	-	1.500.000

4.2.11 Betriebskosten

Die angeführten Kosten wurden auf Basis einer jährlichen Produktion von 600000 Tonnen, einem Förderstrom von 550 Tonnen/Stunde und einer Schicht zu 10 Stun-

den errechnet. Grundsätzlich wurden die Betriebskosten mit einer Einsatzbereitschaft von 100% (EB 100%, entspricht den theoretisch benötigten Betriebsstunden) und einer Einsatzbereitschaft von 75% (EB 75%, entspricht etwa den praktisch benötigten Betriebsstunden) bestimmt.

Jährliche Produktion	600.000,00	Tonnen/Jahr
Stündliche Produktion	550,00	Tonnen/Std.
Einsatzbereitschaft EB 100%	1.090,91	Std/Jahr
Einsatzbereitschaft EB 75%	1.454,55	Std/Jahr

Für die Kosten wurde je eine Version mit 2 Radlader CAT 990H sowie eine Version mit 2 Radlader Komatsu W700 betrachtet.

- Version 2 Stk. CAT 990H

	Beton	Stahl	
Betriebskosten Seilbahn	440.159,48	306.324,84	€/Jahr
Betriebskosten Radlader	665.319,00	665.319,00	€/Jahr
Stromersparnis	64.782,08	64.782,08	€/Jahr
Summe	1.040.696,40	906.861,76	€/Jahr
Betriebskosten Seilbahn	0,73	0,51	€/t
Betriebskosten Radlader	1,11	1,11	€/t
Stromersparnis	0,11	0,11	€/t
Summe	1,73	1,51	€/t

- Version 2 Stk. Komatsu W700

	Beton	Stahl	
Betriebskosten Seilbahn	440.159,48	306.324,84	€/Jahr
Betriebskosten Radlader	633.540,91	633.540,91	€/Jahr
Stromersparnis	64.782,08	64.782,08	€/Jahr
Summe	1.008.918,31	875.083,67	€/Jahr
Betriebskosten Seilbahn	0,73	0,51	€/t
Betriebskosten Radlader	1,06	1,06	€/t
Stromersparnis	0,11	0,11	€/t
Summe	1,68	1,46	€/t

4.2.11.1 Betriebskosten Radlader

- Folgende Betriebskosten werden erwartet – Radlader CAT 990H:

Wartungskosten	30.000,00	€/Jahr
Mannkosten	22,85	€/Std
Anschaffungspreis	926.968,00	€
Betriebsstunden	1.090,91	Std/Jahr
A+V + (ReInv)	222.750,41	€/Jahr
Dieserverbrauch	70,00	lt/Std
Diesekosten je Liter	0,72	€/lt
Diesekosten	50,40	€/Std
Summe EB 100%	332.659,50	€/Jahr
Summe EB 75%	359.295,86	€/Jahr

- Folgende Betriebskosten werden erwartet – Radlader Komatsu W700

Wartungskosten	30.000,00	€/Jahr
Mannkosten	22,85	€/Std
Anschaffungspreis	750.000,00	€
Betriebsstunden	1.090,91	Std/Jahr
A+V + (ReInv)	180.225,00	€/Jahr
Dieserverbrauch	70,00	lt/Std
Diesekosten je Liter	0,72	€/lt
Diesekosten	50,40	€/Std
Summe EB 100%	290.134,09	€/Jahr
Summe EB 75%	316.770,45	€/Jahr

4.2.11.2 Betriebskosten Materialstandseilbahn

	Stahl	Beton	
A+V + Reinvest	238.703,34	372.537,98	€/Jahr
Wartungskosten	22.621,50	22.621,50	€/Jahr
Verbrauchsmaterial	45.000,00	45.000,00	€/Jahr
Betriebskosten	306.324,84	440.159,48	€/Jahr
Betriebskosten	0,51	0,73	€/t

- Die Wartungskosten - Personal werden mit 1,5 Mann berücksichtigt; Der tägliche Aufwand beträgt rund 2.8 Std/Tag und ergibt sich aus dem Wartungsplan, der von der Fa. Gmundner Zement zur Verfügung gestellt wurde.

	Std	Std/Tag	Std/Woche	Std/Monat	Std/Jahr	Std/5-Jahr
Aufwand Täglich	1,00	1,00	5,00	20,00	180,00	900,00
Aufwand 2 x pro Woche	2,00	0,80	4,00	16,00	144,00	720,00
Aufwand Monatlich	3,00	0,30	1,50	6,00	54,00	270,00
Aufwand 2 x pro Monat	4,00	0,40	2,00	8,00	72,00	360,00
Aufwand 4 x pro Jahr	6,00	0,13	0,67	2,67	24,00	120,00
Aufwand Jährlich	20,00	0,11	0,56	2,22	20,00	100,00
Aufwand 5-jährlich	5,00	0,01	0,03	0,11	1,00	5,00
Summe EB 100%	-	2,75	13,75	55,00	495,00	2.475,00
Summe EB 75%	-	3,67	18,33	73,33	660,00	3.300,00

	€/Std	€/Tag	€/Woche	€/Monat	€/Jahr
Aufwand Täglich	3,43	34,28	171,38	685,50	6.169,50
Aufwand 2 x pro Woche	2,74	27,42	137,10	548,40	4.935,60
Aufwand Monatlich	1,03	10,28	51,41	205,65	1.850,85
Aufwand 2 x pro Monat	1,37	13,71	68,55	274,20	2.467,80
Aufwand 4 x pro Jahr	0,46	4,57	22,85	91,40	822,60
Aufwand Jährlich	0,38	3,81	19,04	76,17	685,50
Aufwand 5-jährlich	0,02	0,19	0,95	3,81	34,28
Wartungskosten - Personal EB 100%	9,43	94,26	471,28	1.885,13	16.966,13
Wartungskosten - Personal EB 75%	12,57	125,68	628,38	2.513,50	22.621,50

- Die Wartungskosten - Material werden wie folgt berücksichtigt (Annahmen):

	€/Jahr	€/Std
Wartungsmaterial (Schmierung etc.)	5.000,00	4,55
Verschleißteile (Rollen, Bremse, Gleise, Förderkübel)	35.000,00	31,82
Kosten Anlagenüberprüfung pro Jahr	5.000,00	4,55
Wartungskosten - Material	45.000,00	40,91

- Abschreibung und Reinvest wird folgenderweise berücksichtigt:

	Beton	Stahl	
Kaufpreis	3.482.748,33	2.231.567,53	€
AV-Dauer	15,00	15,00	Jahre
Zinsen	0,07	0,07	%
Reinvestsatz	0,01	0,01	%
Faktor mN	1,30	1,30	-
Jahresproduktion	600.000,00	600.000,00	t/Jahr
mittl. Neuwert (mN)	4.527.572,83	2.901.037,79	€
Reinvestsatz	27.165,44	17.406,23	€/Jahr
A+V	345.372,54	221.297,11	€/Jahr
A+V + Reinvest	372.537,98	238.703,34	€/Jahr

4.2.11.3 Stromersparnis

Die täglich abgegebene Leistung des Generators beträgt 3440 kWh, die Leistung in einem Jahr bezieht sich auf die erforderlichen Betriebsstunden. Quelle der Stromkosten Fa. Mineral Abbau GmbH bzw. Kelag.

Die Stromkostensparnis wurde mit 50% der Gesamtjahresleistung berücksichtigt (d.h. 250 kW der verfügbaren 500 kW für die Eigenbedarfsdeckung), der Stromerlös mit 50% (250 kW von 500 kW für Netzzurückspeisung).

Leistung pro Tag	3.440,00	kWh/Tag
Leistung in 1 Jahr	756.800,00	kWh/Jahr
Stromkosten	0,09	€/kWh
Stromerlös	0,06	€/kWh
Stromkostensparnis	60.619,68	€/Jahr
Stromerlös	4.162,40	€/Jahr
Stromersparnis	64.782,08	€/Jahr

5 Vergleich und Zusammenfassung

Resultierend aus den vorherigen Kapiteln kann festgehalten werden, dass eine Implementierung eines solchen Materialstandseilbahn-Fördersystems teilweise die Grenzen des technisch machbaren erreicht, da aufgrund der Rand- und Umgebungsbedingungen die Dimensionen der verschiedenen Komponenten zum Teil sehr massiv gestaltet sein müssen und damit natürlich auch sehr kostenintensiv ausfallen.

Aufgrund der Tatsache, dass eine genaue Kostenabschätzung im Rahmen des Umfangs eines solchen Projektes nicht möglich ist, können die erhaltenen Zahlen und Fakten nur als Anhaltswerte dienen. Für exaktere Ergebnisse werden weitere Untersuchungen benötigt bzw. einen konkreten Auftrag an einen Erzeuger.

Die vorliegende Arbeit stellt lediglich eine Studie dar, welche die Durchführbarkeit einer solchen Anlage untersucht und die damit verbundenen Kosten abschätzt.

Dennoch ergeben sich mehrere Punkte, die grundsätzlich für ein solches Fördersystem sprechen:

- Einsparung von Energiekosten gegenüber dem derzeitigen System, da die Seilbahn in der Regel keine Energie bezieht, sondern „Lieferant“ elektrischer Energie ist
- Zurückgewonnene Energie ist nutzbar durch Rückspeisung elektrischer Energie in das Stromnetz bzw. durch Deckung des Eigenstrombedarfs im Steinbruch
- Im Vergleich mit adäquaten Muldenkippersystemen ähnlich hohe Investitionskosten
- Betriebskosten der Materialstandseilbahn sind deutlich niedriger als die eines Muldenkippersystems

Die angestellten Überlegungen zeigen, dass ein Einsatz dieses neuen Fördersystems ein sehr großes Bauvorhaben darstellt mit großen Investitionen, welches aber auf längere Sicht durchaus wirtschaftlicher wäre.

Vergleicht man die beiden Materialstandseilbahn-Varianten, zeigen sich folgende Vor- und Nachteile:

- **Variante Pendelbetrieb**

- a. Vorteile

- i. Auslastung der Radlader günstig, kaum Wartezeiten
- ii. Kleine Radlader
- iii. Kleine Förderwagen
- iv. Keine Leerfahrten der Förderwagen
- v. System-Betriebskosten niedrig aufgrund der kleinen Radlader

- b. Nachteile

- i. Hoher technischer Aufwand (Ausweichstelle, Seilführung)
- ii. Große Antriebsmaschinerie (Generator)
- iii. Energieausbeute schlecht trotz großer Leistung des Generators (~50%)
- iv. Hohe Investitionskosten

- **Variante Gegengewicht**

- a. Vorteile

- i. Technischer Aufwand hält sich in Grenzen
- ii. Kleine Antriebsmaschine (Generator)
- iii. Energieausbeute gut bei kleinem Generator (~70%)

- b. Nachteile

- i. Schlechte Radladerauslastung, lange Wartezeiten
- ii. Sehr große Radlader benötigt, um den Förderstrom erreichen zu können
- iii. Großer Förderwagen
- iv. „Unwirtschaftliches“ System, da immer eine Leerfahrt des Gegengewichts je Förderspiel
- v. Betriebskosten hoch aufgrund der mächtigen Radlader
- vi. Investitionskosten „niedrig“

Diese Vor- und Nachteile der einzelnen Varianten zeigen, dass ein Einsatz einer Materialstandseilbahn mit Pendelbetrieb bevorzugt werden sollte.



6 Literaturverzeichnis

- [1] H. Goergen: Festgesteinstagebau, Trans Tech Publications, Clausthal-Zellerfeld 1987. ISBN 0878490779
- [2] D. König, J. Sajkiewicz, D. Stoyan: Leistungsberechnung für Fördersysteme, 1.Auflage, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1985.
- [3] T. Wyss: Die Stahldrahtseile der Transport- und Förderanlagen insbesondere der Standseil- und Schwebbahnen, Schweizer Druck und Verlagshaus AG, Zürich 1956.
- [4] F. Kurth: Fördertechnik, Unstetigförderer, 2. überarbeitete Auflage, VEB Verlag Technik Berlin, Berlin 1967.
- [5] F. Kesselring: Technische Kompositionslehre, Springer Verlag OHG, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1954.
- [6] F. Kessler: Vorlesungsunterlagen zu Fördertechnik I & II, Institut für Fördertechnik und Konstruktionslehre der Montanuniversität Leoben, Leoben 2004.
- [7] K. Feyrer: Laufende Drahtseile – Bemessung und Überwachung, 2. völlig neubearbeitete Auflage, Expert / Linde Verlag, Renningen-Malmsheim / Wien 1998. ISBN 3816914810
- [8] K. Feyrer: Drahtseile – Bemessung, Betrieb, Sicherheit, Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York 1994. ISBN 3540578617

7 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Tagebau Bleiberg - Kreuth	13
Abb. 2: Geographische Lage des Tagebaus Bleiberg – Kreuth.....	14
Abb. 3: Jährliche Abbaumenge.....	15
Abb. 4: Monatliche Abbaumenge im Schnitt.....	16
Abb. 5: Bohrerät Atlas Copco ROC 7F	17
Abb. 6: Hydraulikhammer Krupp.....	17
Abb. 7: Radlader Volvo L180C	19
Abb. 8: Radlader Liebherr 514.....	19
Abb. 9: Hydraulikbagger CAT 325	20
Abb. 10: Hydraulikbagger Liebherr 964	20
Abb. 11: SLKW CAT 771D	21
Abb. 12: Vereinfachtes Aufbereitungsschema.....	22
Abb. 13: Förderwege bei 3 Etagen	24
Abb. 14: Prinzip Förderzyklus mit 2 Mann mit 2 Mulden.....	25
Abb. 15: Prinzip Förderzyklus mit 1 Mann mit 2 Mulden.....	27
Abb. 16: Förderschleife Radlader – Schacht	30
Abb. 17: Förderung im Erweiterungsgebiet	31
Abb. 18: Muldenkipper CAT 775F	32
Abb. 19: Muldenkipper CAT 777D	32
Abb. 20: Prinzip des Betriebs mit Vollbesatzung	34
Abb. 21: Prinzip des Betriebs mit Teilbesatzung	34
Abb. 22: Wegaufbereitung.....	65
Abb. 23: Geschwindigkeitsverlauf des Förderwagens	70
Abb. 24: Beladestation	72
Abb. 25: Beladestation im Querschnitt	73
Abb. 26: Stahlbautrasse im Querschnitt	74



Abb. 27: Antriebssystem.....	75
Abb. 28: Prinzip Treibscheibe.....	76
Abb. 29: Lage der Trasse	80
Abb. 30: Lage der Trasse, Grundriss.....	81
Abb. 31: Lage der Trasse, Schnitt	82
Abb. 32: Schienenführung.....	83
Abb. 33: Gleisführung vor der Entladestation	84
Abb. 34: Gleisführung.....	85
Abb. 35: Seilschutz für Sprengungen	86
Abb. 36: Seilschutzsegmente	87
Abb. 37: Seilführung an der Ausweichstelle	88
Abb. 38: Führungsrollen bei der Antriebsstation.....	89
Abb. 39: Seilstützung.....	90
Abb. 40: Seilrollen der schwebenden Seilführung	90
Abb. 41: Prinzip der Bodenentleerung.....	91
Abb. 42: Komponenten des Förderwagens	93
Abb. 43: Seilbefestigung am Förderwagen.....	94
Abb. 44: Seilbefestigung – Keilklemme	94
Abb. 45: Entladestation - Brecherumbau - Bodenentleerung	95
Abb. 46: Entladestation - Einhausung	96
Abb. 47: Geschwindigkeitsverlauf des Förderwagens	112
Abb. 48: Vorderansicht der Beladestation	113
Abb. 49: Beladestation im Querschnitt	114
Abb. 50: Stahlbautrasse im Querschnitt	115
Abb. 51: Antriebssystem.....	116
Abb. 52: Prinzip Treibscheibe.....	117
Abb. 53: Unsymmetrische Anordnung der Wagen.....	121
Abb. 54: Lage der Trasse	122



Abb. 55: Lage der Trasse, Grundriss.....	123
Abb. 56: Lage der Trasse, Schnitt	124
Abb. 57: Gleisführung.....	125
Abb. 58: Seilschutz für Sprengungen	127
Abb. 59: Seilschutzsegmente	127
Abb. 60: Führungsrollen bei der Antriebsstation.....	128
Abb. 61: Seilstützung.....	129
Abb. 62: Seilrollen der schwebenden Seilführung	129
Abb. 63: Prinzip der Bodenentleerung.....	130
Abb. 64: Komponenten des Förderwagens	132
Abb. 65: Seilbefestigung am Förderwagen.....	133
Abb. 66: Komponenten Gegengewicht	134
Abb. 67: Seilendverbindung – Keilklemme	134
Abb. 68: Entladestation - Brecherumbau – Bodenentleerung.....	135
Abb. 69: Entladestation - Einhausung	136