

# **Abschlussbericht**

## **zum Vorhaben:**

„Errichtung einer modernen Vorbrucharanlage mit Siebtrommel zur effektiven Trennung der Wertgestein- und Lehmbestandteile im Steinbruch Kallenhardt“

Nka3 - 001853

## **Fördernehmer/-in:**

WESTKALK Vereinigte Warsteiner Kalksteinindustrie GmbH & Co. KG

## **Umweltbereich**

(Ressourceneffizienz)

## **Laufzeit des Vorhabens**

01.03.2012 – 31.05.2016

## **Autoren**

Raymund Risse, Dr. Guido Mausbach

Daniela Derißen, Marcus Lodde

Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt,  
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

## **Datum der Erstellung**

25.07.2017

## Berichts-Kennblatt

<b>Aktenzeichen</b> UBA	<b>Projekt-Nr.</b> NKa3 - 001853
<b>Titel des Vorhabens / Report Title</b> „Errichtung einer modernen Vorbruchanlage mit Siebtrommel zur effektiven Trennung der Wertgestein- und Lehmbestandteile im Steinbruch Kallenhardt“	
<b>Autor(en), Name(n), Vorname(n)</b> Raymund Risse und Dr. Guido Mausbach, WESTKALK Vereinigte Warsteiner Kalksteinindustrie GmbH & Co. KG Daniela Derißen und Marcus Lodde, prisma consult GmbH / Effizienz-Agentur NRW, Duisburg	<b>Vorhabensbeginn</b> 01.03.2012
	<b>Vorhabensende (Abschlussdatum):</b> 31.05.2016
<b>Fördernehmer / -in (Name, Anschrift)</b> WESTKALK Vereinigte Warsteiner Kalksteinindustrie GmbH & Co. KG Kreisstrasse 50 59581 Warstein	<b>Veröffentlichungsdatum</b> 25.07.2017
	<b>Seitenzahl</b> 53
Gefördert im Rahmen des BMUB-Umweltinnovationsprogramms des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit	
<p><b>Kurzfassung</b></p> <p>Im Rahmen des Vorhabens sollte nachgewiesen werden, dass mit Umsetzung der innovativen und ressourcenschonenden Vorbruchanlage der Energieeinsatz wesentlich reduziert und die Wertgesteinsausbeute im Vergleich zum Stand der Technik wesentlich erhöht werden kann.</p> <p>Im durchgeführten Messprogramm (März 2016 bis Juni 2016) wurden für die Dauer von vier Monaten spezifische Messdaten ermittelt, die auf eine Jahresproduktionsmenge von 650.000 t/a hochgerechnet wurden. Demnach kann durch die neue Vorbruchanlage die Wertgesteinsausbeute auf 98 % gesteigert werden, sodass die Lebensdauer des Steinbruchs um über 10 Jahre verlängert wird. Bei der Verminderung des Kraftstoffverbrauchs der innerbetrieblichen Logistik konnte eine Einsparung von 234.000 l/a erreicht werden. Der Heizölverbrauch in der Kalkstein-Trocknungsanlage wird um 156.000 l/a und der Stromverbrauch für die Vorbruchanlage um 305.500 kWh/a reduziert. Insgesamt reduzieren sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 1.300 t/a.</p> <p>Auf Basis einer statischen Amortisationrechnung für das Gesamtinvestitionsvolumen von 9,2 Mio. € ist im neunten Jahr ein positiver Zahlungsstrom zu erwarten. Aufgrund der langen zeitlichen Verzögerungen im Projekt waren die Lieferanten nicht mehr an die alten Angebote gebunden. Steigende Preise und vereinbarte Preisklauseln führen zu einer enormen Kostenüberziehung in Höhe von 1,7 Mio. € sowohl in Bezug auf das Gesamtvorhaben als auch bezogen auf das geförderte Teilvorhaben.</p>	
<p><b>Summary</b></p> <p>The project aims at proving that by using the innovative and resource friendly crushing plant, the energy input can be reduced significantly and the extraction of valuable stone goods, in comparison to the current state of technology, can be increased considerably.</p>	

During the measuring program specific data were collected over a period of 4 months from march 2016 to june 2016. These data were extrapolated to an annual production size of 650,000 t/a. With the new crushing plant the yield of valuable stone products can be increased to 98%. Through this the lifespan of the open pit mine is increased by more than 10 years. With the decrease in fuel consumption in inner logistics savings of 234,000 l/a are reached. The heating-oil consumption of the limestone-drying system is reduced by 156,000 l/a and the energy consumption of the crushing plant by 305,500 kWh/a. The CO<sub>2</sub> emission is in total reduced by 1,300 t/a.

Based on a statistical amortization calculation for the total investment volume of €9.2 million positive cash flows are expected in year 9. Because of the long time delays the project experienced, suppliers were not bound to old offers. Thus rising prices and agreed on tariffs lead to a cost-overdraw of €1.7 million - both for the total and the funded part of the project.

**Schlagwörter / Keywords**

Siebtrommel, Vorbruchanlage  
screening drum, crushing plant

**Anzahl der gelieferten Berichte**

**Papierform: 6**

**Elektronischer Datenträger: 1**

**Sonstige Medien**

Newsletter, EFA-Loseblattsammlung und Veröffentlichung im Internet geplant auf der Homepage: [www.ressourceneffizienz.de](http://www.ressourceneffizienz.de)

## **Kurzfassung**

### **Ausgangssituation**

WESTKALK ist ein Gemeinschaftsunternehmen der drei Firmen Fritz Weiken, Franz Köster Hartsteinwerke und der Steinwerke F.J. Risse. Die Unternehmen sind seit Generationen in Warstein ansässig und Spezialisten auf dem Gebiet des devonischen Massenkalks und seiner vielen Anwendungsformen.

Gestützt auf die Traditionen der Mutterhäuser betreibt WESTKALK das operative Geschäft seit 2007 nunmehr mit drei Inhaberfamilien und entwickelt die Produktpalette zum Nutzen der Kunden laufend weiter. WESTKALK beschäftigt in 2016 etwa 60 Mitarbeiter und gehört mit einem Jahresumsatz von rund 16 Mio. € zu den führenden Unternehmen der Branche. Jährlich werden bis zu 1,7 Mio. Tonnen Kalkstein aus den Steinbrüchen in Warstein und Kallenhardt abgebaut. Abnehmer dieser Produkte sind vor allem die Zement-, Stahl-, Glas-, Futtermittel- und Baustoffindustrie.

Der Kalkstein wird mittels Sprengtätigkeit aus dem Gesteinsverband herausgelöst, mit Hydraulikbaggern auf Schwerlastkraftwagen (SKW) verladen und zu einer Vorbruchanlage transportiert. Dort wird das Rohhaufwerk nach der Vorabsiebung in einem Primärbrecher zerkleinert. In mehreren parallelen Nachbrechprozessen wird der Kalkstein dann weiter gebrochen beziehungsweise gemahlen und anschließend in verschiedene Korngrößen abgesiebt.

Die vorhandene Vorbruchanlage war seit fast 50 Jahren nahezu unverändert in Betrieb. Die Anlage wurde für verhältnismäßig kleine Durchsatzleistungen und gering verunreinigtes Rohhaufwerk konstruiert. Die Vorbruchanlage war bisher den veränderten Lagerstättenqualitäten in den Randbereichen des Vorkommens, in denen heute die Gewinnung stattfindet, nicht angepasst worden. Lediglich auf die Behandlung der nicht verkaufsfähigen, verunreinigten Vorabsiebung wurde in 1995 mit dem Bau einer Kalksteinwaschanlage reagiert.

Die vorhandene Anlagentechnik erforderte beim Laden des gesprengten Haufwerks einen erheblichen selektiven Aufwand bei der seit Jahren zunehmenden Verschlechterung der Lagerstättenqualität im Steinbruch Kallenhardt. Erschwerend kommt hinzu, dass aufgrund ständig steigender Qualitätsanforderungen an die Fertigprodukte, die in der Vorbruchanlage installierte konventionelle Schwingsiebmaschine nur mit gering verunreinigtem Rohhaufwerk beschickt werden konnte.

### **Ziel des Vorhabens**

Im Steinbruch Kallenhardt sollte erstmalig eine zukunftsweisende Vorbruchanlage mit integrierter Siebtrommel zur effektiven Trennung von Wertgestein- und Lehmbestandteilen in einem großtechnischen Einsatz zum Einsatz kommen.

Durch die innovative verfahrenstechnische Kombination aus Kipptrichter, Siebtrommel und Prallbrecher sollte die selektive Gewinnung minimiert und gleichzeitig der Ausnutzungsgrad des Vorkommens verbessert werden.

Die wesentlichen Umwelteffekte, die sich aus der Errichtung der Vorbruchanlage mit Siebtrommel ergeben sollten, wurden zum Zeitpunkt der Antragstellung wie folgt geschätzt:

- Steigerung der Wertgesteinsausbeute von bisher 70 – 80 % auf über 90 % und damit verbunden eine Reduzierung des durchschnittlichen jährlichen Flächenverbrauchs von bisher 1 ha auf 0,8 ha.

- Reduzierung des Wertgesteinanteils in der Abraumhalde und damit verbunden eine Verlängerung der Lebensdauer des Steinbruchs von 6 Jahren.

## Technische Lösung

Die neue Vorbruchanlage mit Siebtrommel wird eine Aufgabekörnung von maximal 1.500 mm verarbeiten. Die bisherige Vorbruchanlage mit Siebtrommel verarbeitet Gesteinsbrocken mit einer maximalen Kantenlänge von nur 800 mm.

Der Vorabscheider der neuen Vorbruchanlage produziert im Vergleich zu der bestehenden Siebmaschine unveränderte Kornklassen. Es handelt sich um die Körnungen 0/80 mm und 80/120 mm. Das Material 0/80 mm wird der Steinwaschanlage zugeführt, das Material 80/120 mm wird wahlweise für die Verwendung in der Zementindustrie ausgelagert oder dem Austragsgut des Vorbrechers zugegeben.

Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt das Fließbild der Vorbruchanlage mit Kipptrichter, Siebtrommel, Vorbrecher und Entstaubungsanlage.

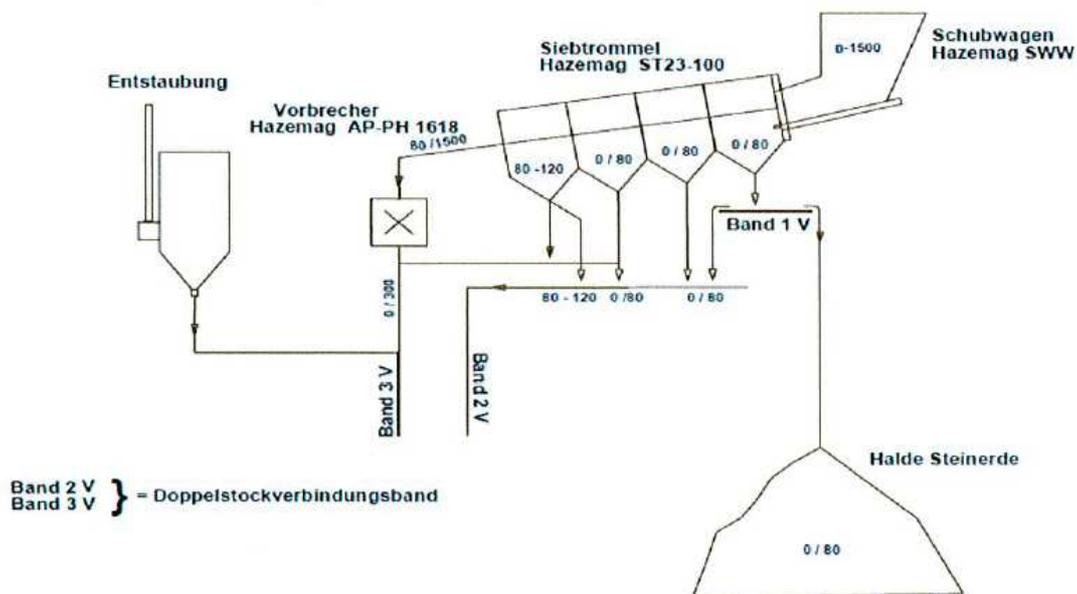


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Fließbildes der Vorbruchanlage

Damit die Siebtrommel insbesondere im Hinblick auf die Zerkleinerung der agglomerierten Abraumbestandteile effektiv arbeitet, ist eine Trommellänge von 10 Metern erforderlich. Dies wurde im Siebversuch am Standort bestätigt. Bei der Konstruktion der Trommel ist besonderes Augenmerk auf die ersten drei der insgesamt vier Einzelsegmente zu legen, weil hier der größte Teil der Verunreinigungen abgetrennt werden soll.

## Ergebnisse aus technischer und wirtschaftlicher Sicht und hinsichtlich Umweltentlastung

Im durchgeführten Messprogramm wurden für die Dauer von vier Monaten spezifische Messdaten ermittelt, die auf eine Jahresproduktionsmenge von 650.000 t/a hochgerechnet und mit den Werten der alten Vorbruchanlage gegenübergestellt wurden.

	Alte Vorbruchanlage	Neue Vorbruchanlage	Δ
<b>Ausnutzungsgrad Lagerstätte</b>	74,1 %	98,0 %	+ 23,9 %
<b>Spez. Dieserverbrauch Logistik</b>	0,61 l/t	0,25 l/t	- 0,36 l/t
<b>Spez. CO<sub>2</sub>-Menge</b>	1,75 kg/t	0,72 kg/t	- 1,03 kg/t
<b>Spez. Heizölverbrauch Trocknung</b>	0,42 l/t	0,18 l/t	- 0,24 l/t
<b>Spez. CO<sub>2</sub>-Menge</b>	1,21 kg/t	0,52 kg/t	- 0,69 kg/t
<b>Spez. Stromverbrauch Vorbruchanlage</b>	1,20 kWh/t	0,73 kWh/t	- 0,47 kWh/t
<b>Spez. CO<sub>2</sub>-Menge</b>	0,71 kg/t	0,43 kg/t	- 0,28 kg/t
<b>Lebensdauer Steinbruch</b>	32,9 Jahre	43,6 Jahre	+ 10,7 Jahre

Tabelle 1: Vorher-Nachher-Vergleich der Umweltentlastungen, Steinbruch Kallenhardt

Mit der neuen Vorbruchanlage stellen sich die Einsparungen, bezogen auf eine Jahres-Gesteinsproduktion von 650.000 t wie folgt dar:

	Neue Vorbruchanlage
<b>Dieseleinsparung Logistik</b>	234.000 l/a
<b>CO<sub>2</sub>-Einsparung Logistik</b>	669.500 kg/a
<b>Heizöleinsparung Trocknung</b>	156.000 l/a
<b>CO<sub>2</sub>-Einsparung Trocknung</b>	448.500 kg/a
<b>Stromeinsparung Vorbruchanlage</b>	305.500 kWh/a
<b>CO<sub>2</sub>-Einsparung Vorbruchanlage</b>	182.000 kg/a
<b>CO<sub>2</sub>-Einsparung (Gesamt)<sup>1</sup></b>	1.300.000 kg/a
<b>Verlängerung Lebensdauer Steinbruch</b>	10,7 Jahre

Tabelle 2: Tatsächliche Umweltentlastung durch die neue Vorbruchanlage

Auf Basis einer statischen Amortisationsrechnung für das Gesamtinvestitionsvolumen von 9,2 Mio. € ist im neunten Jahr ein positiver Zahlungsstrom zu erwarten. Aufgrund der langen zeitlichen Verzögerungen im Projekt waren die Lieferanten nicht mehr an die alten Angebote gebunden. Steigende Preise und vereinbarte Preisklauseln führen zu einer enormen Kostenüberziehung in

1

1 Liter Heizöl entspricht 3,13 kg CO<sub>2</sub>, Quelle: <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.htm>  
 1 Liter Diesel entspricht 2,86 kg CO<sub>2</sub>, Quelle: <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.htm>  
 1 kWh Strom entspricht 0,595 kg CO<sub>2</sub>, Quelle: Umweltbundesamt Dessau

Höhe von 1,7 Mio. € sowohl in Bezug auf das Gesamtvorhaben als auch bezogen auf das geförderte Teilvorhaben.

## **Übertragbarkeit / Maßnahmen zur Verbreitung der Projektergebnisse**

Die Lagerstätte in Kallenhardt zeichnet sich durch eine relativ große Anzahl verlehmteter Karstspalten aus. Diese besondere geologische Beschaffenheit findet sich mehr oder weniger ausgeprägt in zahlreichen Lagerstätten des devonischen Massenkalks wieder. Insbesondere die stetig steigenden Qualitätsanforderungen der Nachfrager von Gesteinskörnungen aus Naturstein zwingen die Betreiber wie auch die Hersteller von Aufbereitungsanlagen die Technik weiter zu optimieren und sicher zu stellen, dass keine Verunreinigungen in Form von Abraumbestandteilen in das Endprodukt gelangen. Als Nachfrager für Kalksteinprodukte sind die Zementindustrie, die Kalkindustrie, die Asphalt- und Betonindustrie sowie die Glas- und Futtermittelindustrie zu nennen.

Eine Vorbruchanlage mit einer Siebtrommel als Vorsieb und einer Steinwaschanlage zur Abreinigung der abschlämmbaren Bestandteile der Vorabsiebung verhindert Lehmverunreinigungen der Brechprodukte und löst die Probleme im Zusammenhang mit unverkäuflicher Vorabsiebung. Dies erklärt das große Interesse einiger benachbarter Natursteinbetriebe an der Vorbruchanlage.

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, gibt die Produktionsmenge im Jahr 2015 für gebrochene Natursteine mit 210 Mio. t und für Kalk-, Mergel- und Dolomitsteine inklusive Marmor mit ca. 65 Mio. t an (Quelle: Deutschland – Rohstoffsituation 2015, BGR, Stand 11/2016). Das bedeutet, dass nahezu ein Viertel der Gesamtabbaumenge der Lagerstätten in Deutschland, die der Herstellung gebrochener Natursteine dienen, für den Einsatz einer Siebtrommel als Vorabscheider in Frage kommen.

## **Summary**

### **Initial Situation**

Westkalk is a joint venture between the companies Fritz Weiken, Franz Köster Hartsteinwerke and Steinwerke F.J. Risse. The companies are local to Warstein for many generations and specialists in the field of devonian mass-limestone and its various types of application.

Based on the traditions of the parent companies, Westkalk is, since 2007, running the operative business together with the 3 owner families and is continuously developing the product range for the use of the customer. In 2016 Westkalk employed 60 people. With an annual turnover of about €16 million it is one of the leading companies in its field. Up to 1.7 million tonnes of limestone are annually extracted from the open pit mines in Warstein and Kallenhardt. The market for these products consists above all off the cement, steel, glass, feed and construction material sector.

The limestone is extracted through blasting activities. It is then loaded on heavy duty trucks and transported to the crushing plant. Here, after a first screening, the blast rock is crushed using an impact crusher. During several following parallel crushing processes the limestone is crushed and milled further and then separated into different grain sizes.

The existing crushing plant was, for about 50 years, running nearly unchanged. The plant was originally constructed for a comparatively small capacity and relatively pure mineral deposit. Up until now it had not been adjusted to the changed deposits in the outskirts of the limestone source, in which the mining takes place now. The only adjustment, which had been made in 1995 was a limestone-washing system used for the clay-contaminated components, which had previously been useless for sale.

When dredging, an immense effort needed to be put the blasted rock into selecting pure, valuable limestone for further processing with the plant's current technology and the worsening quality of the limestone deposit. In addition, because of the permanently growing quality standards of the finished goods, the crushing plant's screening machines could only be charged with slightly contaminated blast rock.

### **Project Aim**

At the Kallenhardt open pit quarry, for the first time, a pioneering crushing plant, with an integrated screening drum for effective separation of limestone and clay-contaminated components, was to be integrated in a large-scale technological action.

With the innovative, procedural combination of hopper, screening drum and impact crusher, the selective extraction of blast rock was to be minimized and simultaneously the exploitation factor of the blast rock was to be improved.

The main environmental effects of building the new crushing plant with integrated screening drum were forecasted, at the time the proposal, to be the following:

- An increase of exploitation factor from 70%-80% to more than 90% and hence a decrease in annual deposit space consumption from 1 ha to 0,8ha.
- A reduction of blast rock in the disposal site and thus an increased quarry life-span of 6 years

### **Technical Solution**

The new crushing plant will produce a grain size input of maximum 1,500mm. The current plant processes products with a maximum grain size of 800mm.

The screening drum of the new plant has, in comparison to the previous screening machine, the same mesh sizes of 80mm and 120mm. The 0/80mm granulation products are transferred into the limestone-washing system, the 80/120mm products are either exported for further use in the cement sector or are added to the discharge product of the impact crusher.

The following diagram exhibits the flow structure of the new crushing plant with hopper, screening drum, impact crusher and the dedusting system.

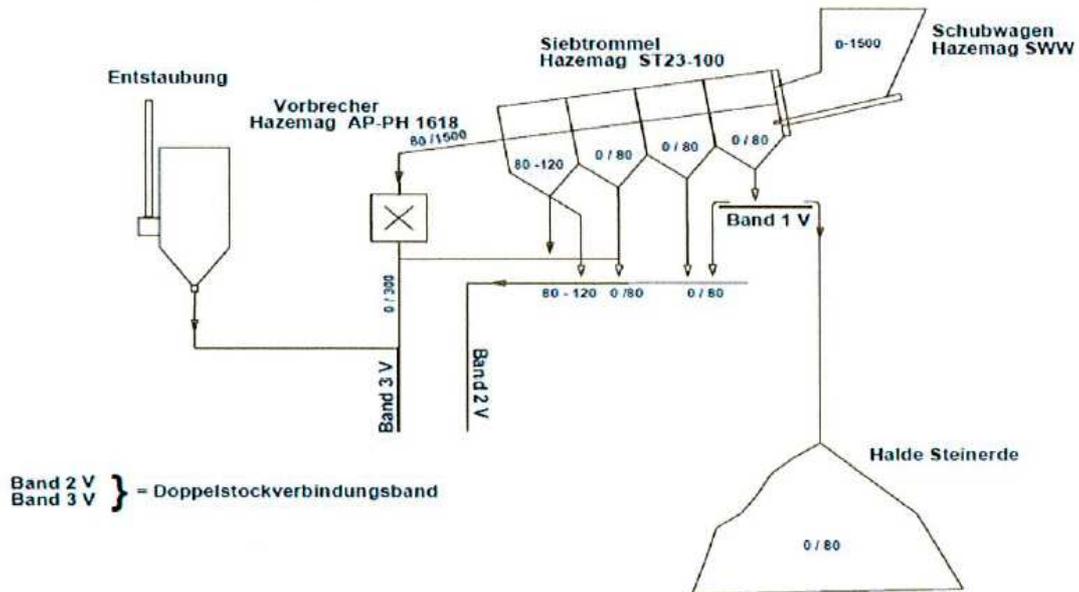


Figure 2: New system concept

For the screening drum to function effectively, especially with regard to the crushing of overburden clay-components, a drum length of 10m is necessary. This has been verified during the screen-trials. Specific attention needs to be paid to the first 3 of 4 screening sections as the biggest part of the overburden components is hived of here.

### Results from a technical and economic perspective and the environmental benefit

During the measuring program specific data were collected over a period of 4 months. These were extrapolated to an annual production of 650,000 t/a and compared to data from the previous crushing plant.

	previous crushing plant	new crushing plant	$\Delta$
Exploitation factor	74.1 %	98.0 %	+ 23.9 %
Diesel consumption logistics	0.61 l/t	0.25 l/t	- 0.36 l/t
CO <sub>2</sub> output	1.75 kg/t	0.72 kg/t	- 1.03 kg/t
Heating-oil consumption drying system	0.42 l/t	0.18 l/t	- 0.24 l/t
CO <sub>2</sub> output	1.21 kg/t	0.52 kg/t	- 0.69 kg/t
Power consumption crushing plant	1.20 kWh/t	0.73 kWh/t	- 0.47 kWh/t
CO <sub>2</sub> output	0.71 kg/t	0.43 kg/t	- 0.28 kg/t
Lifespan quarry	32.9 years	43.6 years	+ 10.7 years

Table 3: Comparing the environmental impact of the Kallenhardt quarry before and after

With the new crushing plant the savings of an annual limestone output of 650.000 t looks as follows:

	<b>new crushing plant</b>
<b>Diesel savings logistics</b>	<b>234,000 l/a</b>
<b>CO<sub>2</sub> savings logistics</b>	<b>669,500 kg/a</b>
<b>Heating-oil savings drying system</b>	<b>156,000 l/a</b>
<b>CO<sub>2</sub> savings drying system</b>	<b>448,500 kg/a</b>
<b>Electricity savings crushing plant</b>	<b>305,500 kWh/a</b>
<b>CO<sub>2</sub> savings crushing plant</b>	<b>182,000 kg/a</b>
<b>CO<sub>2</sub> savings (total)<sup>2</sup></b>	<b>1,300,000 kg/a</b>
<b>Life-cycle extension</b>	<b>10.7 years</b>

Table 4: Actual environmental relief through the new crushing plant

Based on a statistical amortization calculation for the total investment volume of €9.2 million first cash flows are expected in year 9. Because of the long time delays in the project, suppliers were not bound to existing offers. Thus increasing prices and agreed upon tariffs are leading to immense cost overdraws of €1.7 million.

### **Transferability / Measures to distribute the project's results**

The limestone deposit in Kallenhardt stands out for its many karstic galleries that are permeated with clay. This specific geological trade is present in many deposits of devonian mass-limestone. Especially the steadily increasing quality requirements in the market for crushed natural stone forces the operators, as well as the producers of processing systems, to develop technology and secure an end product free of overburden materials. The market for limestone products consists of the cement, limestone, asphalt, concrete, glass, and feed industry.

A crushing plant with a screening drum as the first piece of the process and a stonewashing system to clean the elutriable screening-components averts impurity of the end products through overburden contamination and solves the problems around pre-screening products which cannot be sold. This explains the strong interest in the crushing plant, that neighboring quarries are showing.

The Federal Institute for Geosciences and Natural Resources of Hannover states the production volume of crushed natural stone in 2015 to be 210 million tonnes. The output of lime-, marl-, and dolomitstone including marble is about 65million tonnes. This indicates, nearly a quarter of all sources responsible for extracting natural stone in Germany have potential use for the screening drum.

2

1 Liter heating-oil corresponds to 3,13kg CO<sub>2</sub>,

1 Liter Diesel corresponds to 2,86kg CO<sub>2</sub>,

1 kWh Electricity corresponds to 0,595 kg CO<sub>2</sub>,

source: <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.htm>

source: <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.htm>

source: Umweltbundesamt Dessau

## Inhaltsverzeichnis

Berichts-Kennblatt .....	2
Kurzfassung.....	4
Summary .....	7
Abbildungsverzeichnis.....	12
Tabellenverzeichnis.....	14
1. Einleitung.....	15
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens.....	15
1.2 Ausgangssituation .....	16
2. Vorhabensumsetzung.....	18
2.1 Ziel des Vorhabens.....	18
2.2 Darstellung der technischen Lösung (Auslegung und Leistungsdaten) ..	19
2.3 Darstellung der Umsetzung des Vorhabens .....	22
2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen) .....	29
2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten .....	29
3. Ergebnisse.....	34
3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung.....	34
3.2 Durchführung und Ergebnisse des Messprogramms.....	34
3.3 Umweltbilanz .....	42
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	45
3.5 Technischer Vergleich zu konventionellem Verfahren .....	45
4. Empfehlungen.....	50
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung .....	50
4.2 Modellcharakter .....	52
4.3 Zusammenfassung .....	52

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Fließbildes der Vorbruchanlage.....	5
Figure 2: New system concept .....	9
Abbildung 3: Luftbild des Steinbruches Kallenhardt (2010) .....	15
Abbildung 4: Schematische Darstellung der Lagerstätte mit Abbauverlusten durch selektive Gewinnung .....	16
Abbildung 5: Karstschlotten, mit Lehm gefüllt.....	17
Abbildung 6: Schematische Darstellung des Fließbildes der Vorbruchanlage.....	20
Abbildung 7: Luftbild mit Standort Trommelsiebanlage und Doppelförderbandanlage .....	21
Abbildung 8: Fundamentarbeiten für den Standort Vorbruchanlage mit Siebtrommel Februar/März 2014.....	23
Abbildung 9: Stahlbaukonstruktion Siebtrommel 14.08.2014 .....	24
Abbildung 10: Montage der Siebtrommel am 16.09.2014.....	25
Abbildung 11: Montage der Siebtrommel am 16.09.2014.....	25
Abbildung 12: Montage der Siebtrommel am 16.09.2014.....	26
Abbildung 13: Montage der Siebtrommel und des Rotors am 16.09.2014 .....	26
Abbildung 14: Zustandsfoto Baustand Vorbruchanlage mit Siebtrommel am 08.02.2015 .....	27
Abbildung 15: Fundament Anfahrsbrücke 25.03.2015.....	27
Abbildung 16: Bauteile Anfahrsbrücke und Entstaubungsanlage vor der Anlage 25.03.2015 .....	28
Abbildung 17: Eingehauste Vorbruchanlage 29.09.2015.....	28
Abbildung 18: Vorbereitende Arbeiten mit einem Großhydraulikbagger 16.06.2016 .....	30
Abbildung 19: Rangieren des beladenen SKW´s an die Vorbruchanlage (16.06.2016).....	30
Abbildung 20: SKW am Kipptrichter der Vorbruchanlage (16.06.2016).....	30
Abbildung 21: SKW vor dem Abladen an der Vorbruchanlage (16.06.2016).....	31
Abbildung 22: Steine vor dem Einführen in die Siebtrommel (16.06.2016) .....	31
Abbildung 23: Siebtrommel in Betrieb (16.06.2016) .....	31
Abbildung 24: Vorbruchanlage mit Förderbandanlage zur weiteren Verarbeitung (16.06.2016).....	32
Abbildung 25: Schematische Darstellung des Fließbildes der Vorbruchanlage....	32
Abbildung 26: Wertgesteinanteil der Abraumhalde Vorher/Nachher im September 2016 .....	33
Abbildung 27: Leistung Vorbruchanlage im März 2016 .....	37

Abbildung 28: Leistung Vorbruchanlage im April 2016 .....	38
Abbildung 29: Leistung Vorbruchanlage im Mai 2016 .....	38
Abbildung 30: Leistung Vorbruchanlage im Juni 2016.....	39
Abbildung 31: Mahlkörperbewegung in Abhängigkeit von der Trommeldrehzahl .	47
Abbildung 32: Versuchsanlage am Standort.....	48

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vorher-Nachher-Vergleich der Umweltentlastungen, Steinbruch Kallenhardt .....	6
Tabelle 2: Tatsächliche Umweltentlastung durch die neue Vorbruchanlage .....	6
Table 3: Comparing the environmental impact of the Kallenhardt quarry before and after .....	9
Table 4: Actual environmental relief through the new crushing plant.....	10
Tabelle 5: Projektfahrplan.....	22
Tabelle 6: Produktionsmengen der neuen Vorbruchanlage von März 2016 bis Juni 2016 .....	34
Tabelle 7: Produktion der neuen Vorbruchanlage im März 2016 (Messwerte in Tonnen).....	35
Tabelle 8: Produktion der neuen Vorbruchanlage im April 2016 (Messwerte in Tonnen).....	35
Tabelle 9: Produktion der neuen Vorbruchanlage im Mai 2016 (Messwerte in Tonnen).....	36
Tabelle 10: Produktion der neuen Vorbruchanlage im Juni 2016 (Messwerte in Tonnen).....	36
Tabelle 11: Tagesmengen der Vorbruchanlage am 27.04.2016 (Messwerte in Tonnen).....	37
Tabelle 12: Spezifischer Dieserverbrauch der Alt- und der Neuanlage im Vergleich (Bh = Betriebsstunde).....	39
Tabelle 13: Heizölsparsnis beim Betrieb der Neuanlage im Vergleich zur Altanlage .....	40
Tabelle 14: Spezifischer Stromverbrauch der Alt- und der Neuanlage im Vergleich .....	41
Tabelle 15: Altanlage, Lagerstättenausnutzung in den Jahren 2009 bis 2015 .....	42
Tabelle 16: Durchschnittswerte der Altanlage im Zeitraum 2009 bis 2015.....	42
Tabelle 17: Messwerte hochgerechnet auf ein Jahr .....	43
Tabelle 18: Verlängerung der Lebensdauer des Steinbruchs bei 650.000 t/a .....	43
Tabelle 19: Vorher-Nachher-Vergleich der Umweltentlastungen, Steinbruch Kallenhardt .....	44
Tabelle 20: Tatsächliche Umweltentlastung durch die neue Vorbruchanlage .....	44
Tabelle 21: Statische Amortisationsrechnung.....	45

# 1. Einleitung

## 1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

WESTKALK ist ein Gemeinschaftsunternehmen der drei Firmen Fritz Weiken, Franz Köster Hartsteinwerke und der Steinwerke F.J. Risse. Die Unternehmen sind seit Generationen in Warstein ansässig und Spezialisten auf dem Gebiet des devonischen Massenkalks und seiner vielen Anwendungsformen.

Gestützt auf die Traditionen der Mutterhäuser betreibt WESTKALK das operative Geschäft seit 2007 nunmehr mit drei Inhaberfamilien und entwickelt die Produktpalette zum Nutzen der Kunden laufend weiter. WESTKALK beschäftigt in 2016 etwa 60 Mitarbeiter und gehört mit einem Jahresumsatz von rund 16 Mio. € zu den führenden Unternehmen der Branche. Jährlich werden bis zu 1,7 Mio. Tonnen Kalkstein aus den Steinbrüchen in Warstein und Kallenhardt abgebaut. Abnehmer dieser Produkte sind vor allem die Zement-, Stahl-, Glas-, Futtermittel- und Baustoffindustrie.

Die nachfolgende Abbildung 3 zeigt den Steinbruch in Kallenhardt zum Zeitpunkt der Antragstellung.



Abbildung 3: Luftbild des Steinbruches Kallenhardt (2010)

## 1.2 Ausgangssituation

Der Kalkstein wird mittels Sprengtätigkeit aus dem Gesteinsverband herausgelöst, mit Hydraulikbaggern auf Schwerlastkraftwagen (SKW) verladen und zu einer Vorbrucharanlage transportiert. Dort wird das Rohhaufwerk nach der Vorabsiebung in einem Primärbrecher zerkleinert. In mehreren parallelen Nachbrechprozessen wird der Kalkstein dann weiter gebrochen beziehungsweise gemahlen und anschließend in verschiedene Korngrößen abgesiebt.

Die vorhandene Vorbrucharanlage war seit fast 50 Jahren nahezu unverändert in Betrieb. Die Anlage wurde für verhältnismäßig kleine Durchsatzleistungen und gering verunreinigtes Rohhaufwerk konstruiert. Die Vorbrucharanlage war bisher den veränderten Lagerstättenqualitäten in den Randbereichen des Vorkommens, in denen heute die Gewinnung stattfindet, nicht angepasst worden. Lediglich auf die Behandlung der nicht verkaufsfähigen, verunreinigten Vorabsiebung wurde in 1995 mit dem Bau einer Kalksteinwaschanlage reagiert.

Die vorhandene Anlagentechnik erforderte beim Laden des gesprengten Haufwerks einen erheblichen selektiven Aufwand bei der seit Jahren zunehmenden Verschlechterung der Lagerstättenqualität im Steinbruch Kallenhardt. Erschwerend kommt hinzu, dass aufgrund ständig steigender Qualitätsanforderungen an die Fertigprodukte, die in der Vorbrucharanlage installierte konventionelle Schwingsiebmaschine nur mit gering verunreinigtem Rohhaufwerk beschickt werden konnte.

Die Lagerstätte in Kallenhardt stellt sich schematisch wie folgt dar:

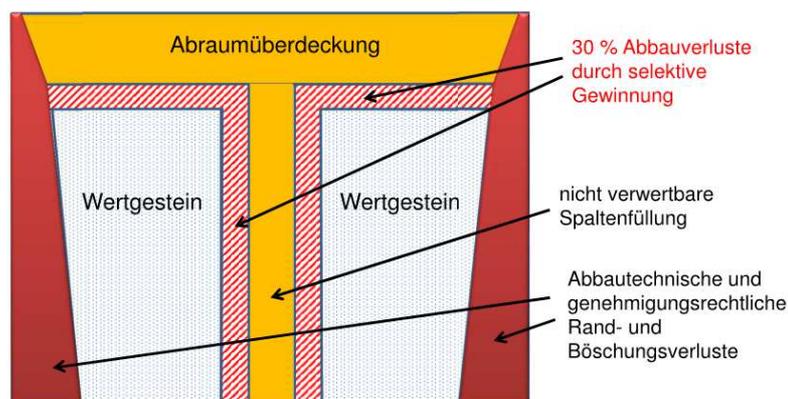


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Lagerstätte mit Abbauverlusten durch selektive Gewinnung

Die Lagerstätte ist gekennzeichnet durch erhebliche Verunreinigungen aus stark verlehnten Karstspalten. Die nachfolgende Abbildung 5 verdeutlicht diese Situation.



Abbildung 5: Karstschlotten, mit Lehm gefüllt

Es ist unvermeidlich, dass das gesprengte Rohaufwerk mit dem Inhalt der Lehmspalten vermischt wird. Durch die verlehmtten Karstspalten entstand zudem ein hoher Anteil übergroßer Gesteinsbrocken (Knäpper) nach der Sprengtätigkeit. Die Wirksamkeit des Sprengstoffs wurde durch die Lehmfüllungen der Karstspalten reduziert. Die Zerkleinerung der Knäpper erfolgte durch das Ladegerät mit einer Fallkugel. Die Knäpperarbeiten waren sehr energie- und verschleißintensiv.

Die selektive Gewinnung im Steinbruch Kallenhardt war angepasst an die vorhandene Vorbruchanlage und bereits optimiert. Dennoch wurde festgestellt, dass ein erheblicher Anteil von verwertbarem Kalkstein auf den Abraumhalden verkippt wurde. Dies wirkte sich nachteilig auf den Ausnutzungsgrad des Vorkommens aus. Die Grenzen dieser Abbautechnik wurden im Steinbruch Kallenhardt erreicht. Eine Anpassung der Aufbereitungstechnik der Vorbruchanlage an die vorgegebenen Lagerstättegegebenheiten war deshalb dringend erforderlich.

Die geringe Durchsatzleistung der bisherigen Vorbruchanlage führte zu einer Produktionszeitverlängerung der Anlage zum Teil bis an die behördlich erlaubte Betriebszeitengrenze der Gesamtanlage. Zur Erfüllung der Mengen- und Qualitätsanforderungen der Abnehmer war aus ökonomischer, wie auch aus ökologischer Sichtweise ein Neubau der Vorbruchanlage mit doppelter Durchsatzleistung und höherer Rohstoff-/Energieeffizienz notwendig.

## 2. Vorhabensumsetzung

### 2.1 Ziel des Vorhabens

Im Steinbruch Kallenhardt sollte erstmalig eine zukunftsweisende Vorbrucharanlage mit integrierter Siebtrommel zur effektiven Trennung von Wertgestein- und Lehmbestandteilen in einem großtechnischen Einsatz zum Einsatz kommen. Die Siebtrommel ist Gegenstand des geförderten Vorhabens.

Durch die innovative verfahrenstechnische Kombination aus Kipptrichter, Siebtrommel und Prallbrecher sollte die selektive Gewinnung minimiert und gleichzeitig der Ausnutzungsgrad des Vorkommens verbessert werden.

Die Vorbrucharanlage mit integrierter Siebtrommel unterscheidet sich von herkömmlichen Anlagen durch:

- die stufenlos veränderbare Trommeldrehzahl zur Optimierung des Reinigungseffektes;
- die Vermeidung von Verklemmungen im Brecherbereich durch die konstruktive Verengung des freien Trommeleinlassdurchmessers zur Blockierung von übergroßen Kalksteinblöcken vor der Siebtrommel;
- den direkten Grobgutaustrag in einen Prallbrecher;
- die Art und Größe der offenen Trommelsiebfläche.

In umfassenden Diskussionen mit Konstrukteuren mehrerer Hersteller von Siebtrommeln sowie durch den Bau und den Einsatz eines Prototyps wurde der Nachweis erbracht, dass der gewünschte Reinigungseffekt erzielt werden kann.

Herkömmliche Siebtrommeln haben lediglich die Aufgabe, Steine verschiedener Größe zu klassieren. Die in die Vorbrucharanlage integrierte, neue Siebtrommel hat in der verfahrenstechnischen Kombination mit Kipptrichter und Prallbrecher den Reinigungseffekt als Hauptaufgabe und stellt damit eine echte Innovation in der Aufbereitungstechnik innerhalb der Steine- und Erdenindustrie dar.

Üblicherweise erfolgt die Trennung von Wertgestein und Abraumbestandteilen in der Branche durch den Einsatz einer Vorsiebmaschine mit Stufenrost, einer Eindecker- oder Doppeldeckersiebmaschine oder einem Rollenrost. Die Auswahlkriterien für die Art des Vorabscheiders werden weitgehend von der Qualität des Haufwerks bestimmt. Sofern es notwendig ist, stark klebende Verunreinigungen aus dem Haufwerk zu entfernen, wird der Einsatz eines Rollenrostes bevorzugt. Bei extrem starker Verschmutzung des Aufgabegutes kann es erforderlich werden, weitere dieser Geräte hintereinander zu schalten. Konstruktiv bedingt ist der Rollenrost nicht geeignet, Trennschnitte unter 150 mm zu realisieren. Der Vorabsiebungsanteil ist deshalb sehr hoch. Zudem ist der Rollenrost nur bedingt geeignet, größere Lehmbestandteile aufzulösen. Die Vorsiebmaschine mit Stufenrost und die Eindecker- oder Doppeldeckersiebmaschine erfordern bei stark verunreinigtem Rohhaufwerk entweder eine Intensivierung der selektiven Gewinnung oder eine Vergrößerung des Trennschnittes auf dem Vorsieb mit dem Nachteil, dass der meist nicht verkaufsfähige Vorabsiebungsanteil ansteigt.

Die grundsätzlich neue Vorhabensidee besteht darin, die Trennung von Wertgestein und Lehmbestandteilen im Wesentlichen nicht mehr am Ladegerät im Steinbruch, sondern in der Vorbrucharanlage durchzuführen. Dazu wurde mit der Firma ELMA als Anlagenbauer ein Gesamtkonzept ausgearbeitet. Die verfahrenstechnische Konzeption und die Realisierung der Vorbrucharanlage von der Konstruktion, Stahlbau, Elektrik, Steuerungs- und Regelungstechnik, Montage und Inbetriebnahme werden „schlüsselfertig“ angeboten.

Die wesentlichen Umwelteffekte, die sich aus der Errichtung der Vorbrucharanlage mit Siebtrommel ergeben sollten, wurden zum Zeitpunkt der Antragstellung wie folgt geschätzt:

- Steigerung der Wertgesteinsausbeute von bisher 70 – 80 % auf über 90 % und damit verbunden eine Reduzierung des durchschnittlichen jährlichen Flächenverzehr von bisher 1 ha auf 0,8 ha.
- Reduzierung des Wertgesteinanteils in der Abraumhalde und damit verbunden eine Verlängerung der Lebensdauer des Steinbruchs von 6 Jahren.

### **Steigerung der Wertgesteinsausbeute**

Die Steigerung der Wertgesteinsausbeute hat einen erheblichen Einfluss auf den Flächenverbrauch, der beim Abbau mineralischer Rohstoffe im Tagebau unvermeidbar ist. Im Steinbruch Kallenhardt sind ca. 100 ha Abbaufäche genehmigt, davon sind ca. 60 ha verritzt beziehungsweise bereits rekultiviert. Der durchschnittliche Flächenverzehr beträgt während der geplanten 40 jährigen Restlebensdauer des Steinbruchs etwa 1 ha/Jahr. Nach Umsetzung des Projektes sollte sich der Flächenverzehr auf ca. 0,8 ha/Jahr reduzieren.

Diese Reduzierung ergibt sich aus der höheren Wertstoffausbeute, die durch die effektivere Trennung von Wertgestein und Lehmbestandteilen in der neuen Siebtrommel erreicht wird. Mit der Verlagerung der Trennung von Wertgestein und Abraum vom Ladegerät im Steinbruch auf die Vorbrucharanlage ist es möglich, den Wertgesteinanteil im Abraum von derzeit durchschnittlich 30 % auf unter 10 % zu verringern.

Im Jahr 2010 wurden beispielsweise 325.000 t Abraum mit einem Wertgesteinanteil von ca. 30 % (100.000 t) verkippt. Durch den Einsatz der neuen Siebtrommel sollte der Wertgesteinanteil im Abraum auf unter 10 % gebracht werden, das heißt, bezogen auf das Jahr 2010 wären etwa 65.000 t Wertgestein weniger auf der Abraumhalde verkippt worden.

Ausgehend von einer Jahresproduktion von 650.000 t Kalkstein wird durch die höhere Wertstoffausbeute eine Reduzierung des Flächenverbrauchs um durchschnittlich 0,2 ha pro Jahr erwartet. Der reduzierte Flächenverbrauch führt wiederum zu einer Verlängerung der Lebensdauer des Steinbruchs von mindestens 6 Jahren.

Weitere Vorteile, die mit der Verlegung des Vorbrecherstandortes und dem Neubau der Sieb- und Vorbrucharanlage unmittelbar in dem Steinbruch verbunden sind, ließen sich zum Zeitpunkt der Antragstellung, bei einer Jahresproduktion von ca. 650.000 t, wie folgt zusammenfassen:

- Verminderung des Kraftstoffverbrauchs der innerbetrieblichen Logistik um 261.550 l/a
- Reduzierung des Heizölverbrauchs in der Kalkstein-Trocknungsanlage um 150.000 l/a
- Reduzierung der Lärm- und Staubemissionen

## **2.2 Darstellung der technischen Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)**

Im Vergleich zur bestehenden Anlage sollte die geplante Vorbrucharanlage eine Verdoppelung der mittleren Durchsatzleistung auf 600 t/h ermöglichen. Die Jahresproduktion sollte von ca. 650.000 t auf ca. 800.000 t gesteigert werden können.

Die moderne Vorbrucharanlage mit Siebtrommel wird eine maximale Aufgabekörnung von ca. 1.500 mm verarbeiten. Die bisherige Vorbrucharanlage mit Siebtrommel verarbeitet Gesteinsbrocken mit einer maximalen Kantenlänge von nur 800 mm.

Der Vorabscheider der neuen Vorbrucharanlage produziert im Vergleich zu der bestehenden Siebmaschine unveränderte Kornklassen. Es handelt sich um die Körnungen 0/80 mm und 80/120 mm. Das Material 0/80 mm wird der Steinwaschanlage zugeführt, das Material 80/120

mm wird wahlweise für die Verwendung in der Zementindustrie ausgelagert oder dem Austragsgut des Vorbrechers zugegeben.

Die nachfolgende Abbildung 6 zeigt das Fließbild der Vorbrucharanlage mit Kipptrichter, Siebtrommel, Vorbrecher und Entstaubungsanlage.

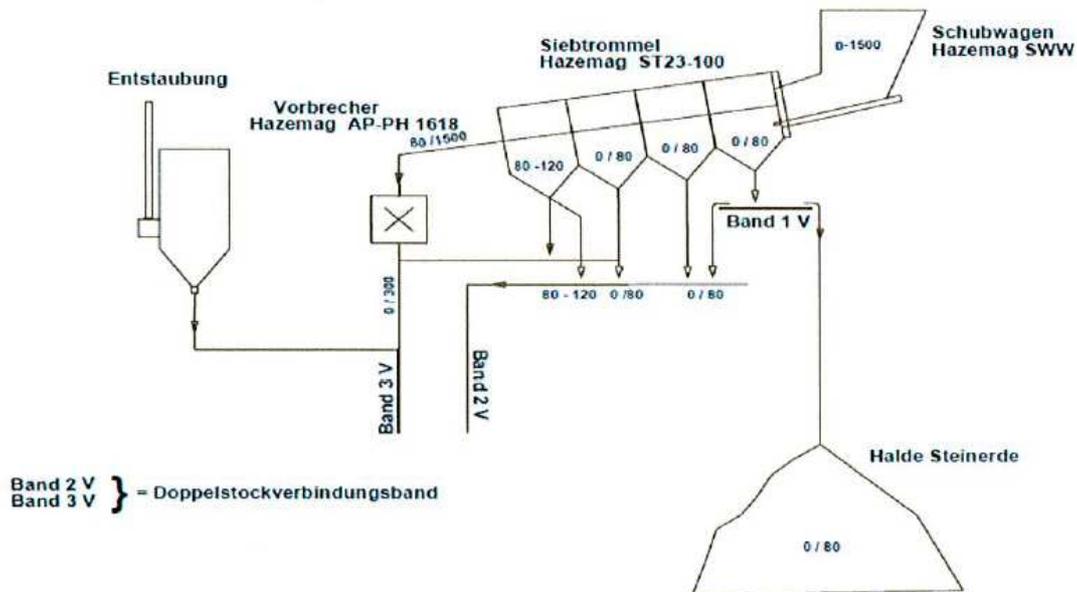


Abbildung 6: Schematische Darstellung des Fließbildes der Vorbrucharanlage

Damit die Siebtrommel insbesondere im Hinblick auf die Zerkleinerung der agglomerierten Abraumbestandteile effektiv arbeitet, ist eine Trommellänge von 10 Metern erforderlich. Dies wurde im Siebversuch am Standort bestätigt. Bei der Konstruktion der Trommel ist besonderes Augenmerk auf die ersten drei der insgesamt vier Einzelsegmente zu legen, weil hier der größte Teil der Verunreinigungen abgetrennt werden soll.

Die Siebtrommel sitzt auf einer Stahlkonstruktion. Das Rohaufwerk wird in den Kipptrichter aufgegeben und über einen Schubwagen der Siebtrommel zugeführt (Abbildung 22, Seite 28). Zur Vermeidung von Verstopfungen der Siebmaschen bei extremen Verunreinigungen sollte aufgrund empirischer Daten verschiedener Hersteller im ersten Segment der Trommel eine Rechteckmasche mit der Abmessung von 80 mm x 120 mm nicht unterschritten werden. Die nächsten beiden Segmente besitzen Quadratmaschen mit den Abmessungen 80 mm x 80 mm. Das vierte Segment besitzt ebenfalls eine Quadratmasche. Die Abmessung beträgt hier 120 mm x 120 mm.

Stark mit Lehm verunreinigtes Material wird im 1. Segment (Körnung 0-80 mm) ausgesiebt und wahlweise der Steinwaschanlage oder der Abraumdeponie zugeführt. Das im 2. Segment abgesiebte Material (Körnung 0-80 mm) wird grundsätzlich der Waschanlage zugeführt. Das abgesiebte Material des 3. Segments (Körnung 0-80 mm) und des 4. Segments (Körnung 80-120 mm) kann jeweils der Waschguthalde oder im Bypass dem Austragsgut des Vorbrechers zugeführt werden.

Nach der Siebtrommel gelangen größere Steine über eine Rutsche in den Vorbrecher (Prallmühle mit 6 Schlagleisten-Rotor) und werden zerkleinert. Dabei soll eine Körnung von 0-250 mm produziert werden.

Im Gegensatz zur alten Vorbrucheranlage stellt der hohe Automatisierungsgrad den vollautomatischen Betrieb der Neuanlage sicher (siehe Kapitel 3.5).

Der geplante technologische Wechsel von einer konventionellen Doppeldeckersiebmaschine zu einer Siebtrommel ist eine der wesentlichen Änderungen der Neuanlage im Vergleich zur bestehenden Anlage. Als weitere wesentliche Änderung ist der Standort der neuen Vorbrucheranlage zu nennen.

Grundsätzlich stellt der Standort des Primärbrechers einen ausschlaggebenden Faktor für einen wirtschaftlichen Betriebsablauf dar. Neben den wirtschaftlichen sind aber auch lagerstättenbedingte, betriebstechnische sowie umweltrelevante Kriterien bei der Bestimmung eines optimierten Standortes zu berücksichtigen. So sind der vollständige Lagerstättenabbau, Betriebskosten, Staub- und Lärmemissionen, Sichtschutz und Anbindung an die Aufbereitung zu nennen. Insbesondere zur Senkung der laufenden Betriebskosten wurde im Rahmen der Brecherstandortplanung im vorliegenden Fall beschlossen, den herkömmlichen SKW-Transport durch geringe Transportentfernungen zu reduzieren. Ein grundsätzlicher Verzicht auf den SKW-Transport ist aufgrund der selektiven Gewinnung im Steinbruch Kallenhardt nicht möglich.

Unter Berücksichtigung der aktuellen Abbausituation im Steinbruch Kallenhardt und aller wichtigen Einflussfaktoren wurde ein idealer Standort für die Vorbrucheranlage innerhalb des Steinbruchs gefunden. Vom neuen Standort aus ist eine Transportentfernung von ca. 700 m zur Aufbereitungsanlage mit einer Doppelförderbandanlage zu überbrücken, die nicht Gegenstand dieses Vorhabens war.

Im nachfolgenden Luftbild (Abbildung 7) sind der Standort der Vorbrucheranlage sowie die Förderbandstrecke zur Aufbereitungsanlage eingezeichnet.



Abbildung 7: Luftbild mit Standort Trommelsiebanlage und Doppelförderbandanlage



Nach dem zugegangenen Zuwendungsbescheid vom 1. März 2012, Eingang WESTKALK 5. März 2012 wurden die Gespräche mit unseren Anlagenlieferanten,

- der Fa. Hazemag & EPR GmbH (Siebtrommel)
- der Fa. Gerwin Silotechnik (Stahlbau, Rutschen etc.)
- der Fa. FB Filterbau GmbH (Filtertechnik)

intensiviert und im Juni 2012 die Bestellungen für den Stahlbau mit aufschiebender Wirkung bezüglich der Genehmigung durch den Kreis Soest ausgelöst.

In der 33. Kalenderwoche 2013 (12.08.2013-16.08.2013) wurden mit dem Lieferanten für Stahl- und Silobau, der Firma Gerwin, die letzten anlagenspezifischen Fragen erörtert und die Bestellung ausgelöst.

Im November 2013 erfolgte die Auftragsvergabe für die statischen Berechnungen der Fundamente. Bereits im Dezember 2013 konnte aufgrund der guten Witterung mit den vorbereitenden Fundamentarbeiten begonnen werden.

Im Januar 2014 begannen die Baumaßnahmen zur Errichtung der neuen Vorbruchanlage mit Siebtrommel im Werk Kallenhardt. Aufgrund der milden Witterung konnten die Fundamente für die Vorbrecher-/Siebtrommel-Anlage und die Splitt-Aufbereitungsanlage bereits betoniert werden.

Auf den nachfolgenden Bildern wird der erste Baufortschritt dokumentiert:



Abbildung 8: Fundamentarbeiten für den Standort Vorbruchanlage mit Siebtrommel Februar/März 2014

Die Fundamentarbeiten für den Standort der Vorbrucharanlage mit Siebtrommel wurden Mitte 2014 fertiggestellt. Nachfolgend wurden die Arbeiten an der Stahlkonstruktion im August 2014 aufgenommen. Auf dem nachfolgenden Bild wird der Baufortschritt Stahlkonstruktion dokumentiert:



Abbildung 9: Stahlbaukonstruktion Siebtrommel 14.08.2014

Mitte September 2014 erfolgten die Arbeiten zur Aufstellung und zum Einbau der Siebtrommel sowie der weiteren Aggregate in die Stahlkonstruktion.

Die Siebtrommel wiegt ca. 46 t und hat Abmaße von 2,30 m x 12,0 m (jedes der vier Segmente der Siebtrommel hat eine Länge von 2,50 m sowie je 1 Vor- bzw. Nachsegmente). Die Einbauarbeiten der Siebtrommel wurden von 8 Fachkräften begleitet.

Nachfolgende Fotos visualisieren die Arbeiten zur Aufstellung der Siebtrommel:



Abbildung 10: Montage der Siebtrommel am 16.09.2014



Abbildung 11: Montage der Siebtrommel am 16.09.2014



Abbildung 12: Montage der Siebtrommel am 16.09.2014



Abbildung 13: Montage der Siebtrommel und des Rotors am 16.09.2014

Die Errichtungsarbeiten für die Vorbrucharanlage mit Siebtrommel wurden in 2014 fertiggestellt. Nach einem witterungsbedingten Baustillstand zwischen Weihnachten 2014 und Februar 2015 wurde im Februar 2015 der Einschütttrichter (Fassungsvermögen 110 m<sup>3</sup>) geliefert.



Abbildung 14: Zustandsfoto Baustand Vorbrucharanlage mit Siebtrommel am 08.02.2015

Ebenfalls erfolgte im Februar 2015 die Betonierung des Auflagers für die Anfahrtsbrücke. Die Brücke selbst wurde in drei Einzelsegmenten angeliefert. Die Montage der Segmente mittels Verschweißen erfolgte im April 2015. Die Brücke liegt anlagenseitig beweglich auf einem Stahlträger.



Abbildung 15: Fundament Anfahrtsbrücke 25.03.2015



Abbildung 16: Bauteile Anfahrtsbrücke und Entstaubungsanlage vor der Anlage 25.03.2015

Das Gerüst für die Entstaubungsanlage wurde gefertigt und montiert. Der Einbau der Entstaubungsanlage und der Bau der Halle erfolgten parallel. Die nachfolgende Abbildung 17 stellt den Zustand der eingehausten Anlage dar.



Abbildung 17: Eingehauste Vorbrucharanlage 29.09.2015

## **2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)**

Zur Errichtung der Anlage war ein Genehmigungsantrag nach § 16 BImSchG erforderlich.

Im Vorfeld (seit Juni 2011) des Genehmigungsantrages nach § 16 BImSchG wurden Gespräche mit dem Kreis Soest geführt. Der Antrag wurde bei der zuständigen Behörde im Juni 2012 eingereicht.

Nach Einreichung wurden die folgenden Nachforderungen gestellt:

- Feinstaubprognosegutachten: Die Behörde hatte ein weiteres Gutachten neben dem Vorliegenden gefordert, um das vorliegende Gutachten überprüfen zu lassen. Ebenfalls wurden verständlichere Erklärungen der verwendeten Algorithmen angefordert.
- Ein Lärmgutachten lag der Behörde bereits vor, sollte jedoch nachgebessert werden, da das innovative Siebtrommelverfahren nicht einschätzbar sei und nur auf theoretischen Herleitungen des Gutachters beruhte. In der vorliegenden Nachbesserung hat der Gutachter sich auch eine „ähnliche“ Siebtrommel mit dem Anlagenbauer in Süddeutschland angeschaut. Messungen anhand dieser Vergleichstrommel verliefen positiv und ohne Einschränkungen.

WESTKALK hat mit Schreiben vom 6.08.2015 einen Antrag auf Teilgenehmigung der Betriebseinheit 1 (Vorbruchanlage mit Siebtrommel), bestehend aus einem Aufgabebunker inkl. Anfahrtsbrücke, einem Vorschubwagen, einer Siebtrommel, einem Vorbrecher, einer Entstaubungsanlage und diversen Bändern, Rinnen und Abwürfen, gemäß §§ 6 und 8 des Gesetzes zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnlicher Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der zurzeit geltenden Fassung gestellt.

Mit Schreiben des Kreises Soest vom 22.10.2015 wurde die Teilgenehmigung erteilt. Sie schließt gemäß § 13 BImSchG die Baugenehmigung gemäß § 63 der BauO NRW ein.

Die für den Betrieb erforderliche Konformitätserklärung der Gesamtanlage liegt vor.

## **2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten**

Die Erfassung der Betriebsdaten erfolgte durch die Fa. WESTKALK im Rahmen des internen technischen Berichtswesens.

An jedem Werktag beginnt der Bagger ab 6.00 Uhr mit vorbereitenden Arbeiten, wie beispielsweise der mechanischen Zerkleinerung von größeren Steinen im Haufwerk mit einer Fallkugel. Dann werden in der Regel ab 7.00 Uhr über einen Zeitraum von 5 – 6 Stunden die zwei jeweils bis zu 65 Tonnen fassenden Muldenkipper (SKW) mit Steinen beladen. Die SKW fahren zur Vorbruchanlage, wo die Steine in den Kipptrichter der Vorbruchanlage abgeladen und anschließend nach der Vorabsiebung durch die Siebtrommel im Brecher zerkleinert werden. Die Vorbruchanlage ist für eine Durchsatzleistung von 600 t/h konzipiert.

Die nachfolgenden Abbildungen verdeutlichen den vorgenannten Arbeitsablauf.



Abbildung 18: Vorbereitende Arbeiten mit einem Großhydraulikbagger 16.06.2016



Abbildung 19: Rangieren des beladenen SKW's an die Vorbruchanlage (16.06.2016)



Abbildung 20: SKW am Kipptrichter der Vorbruchanlage (16.06.2016)



Abbildung 21: SKW vor dem Abladen an der Vorbrucharanlage (16.06.2016)



Abbildung 22: Steine vor dem Einführen in die Siebtrommel (16.06.2016)



Abbildung 23: Siebtrommel in Betrieb (16.06.2016)



Abbildung 24: Vorbruchanlage mit Förderbandanlage zur weiteren Verarbeitung (16.06.2016)

Im Rahmen des Messprogrammes wurden über Bandwaagen die Mengenströme erfaßt, die die Vorbruchanlage über drei Förderbandanlagen verlassen. Eine Bandwaage erfaßt das verunreinigte Waschgutmaterial 0-80 mm, das in den drei vorderen Segmenten der Siebtrommel ausgeschleust wird (Band 2V) und über der Waschanlage zugeführt wird. Wahlweise kann stark lehmhaltiges Steinerdematerial, das anschließend auf die Abraumhalde verbracht wird, aus dem ersten Trommelsegment auf eine Freilagerhalde ausgeschleust werden (Band 1V). Das dritte Förderband transportiert das Austragsgut des Vorbrechers in die nachgeschaltete Aufbereitungsanlage (Band 3V). Nachfolgende Abbildung 25 verdeutlicht die Verfahrenstechnik.

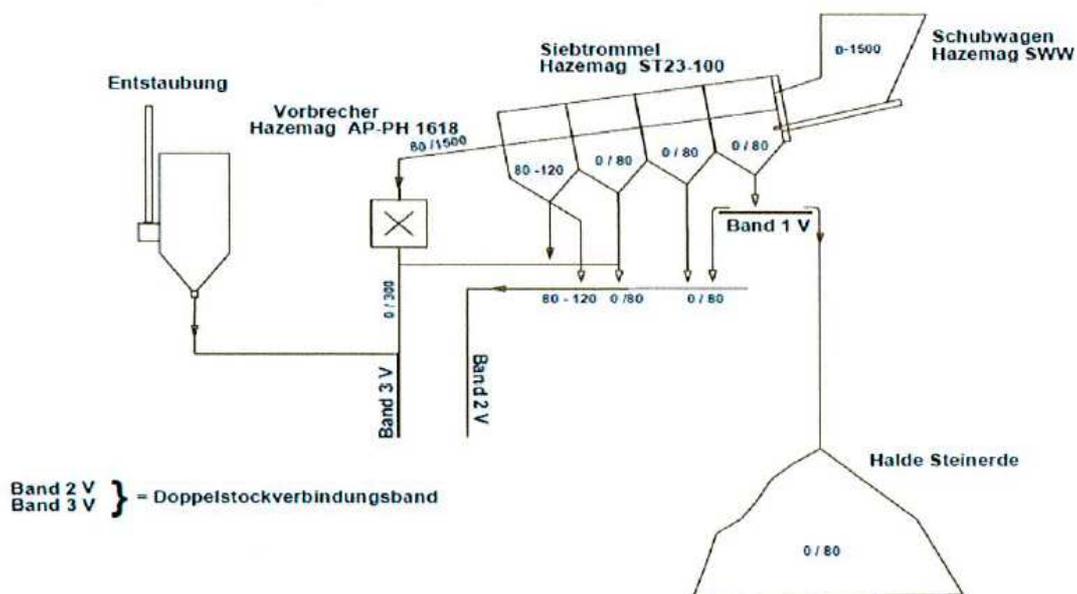


Abbildung 25: Schematische Darstellung des Fließbildes der Vorbruchanlage

Die Materialmenge, die nach Aussieben aus dem ersten Siebtrommelsegment zur Abraumhalde verbracht wird, besteht zum größten Teil aus Wertgestein, das der Wertschöpfung verloren geht und den Ausnutzungsgrad der Lagerstätte reduziert. Diese Wertgesteinsmenge ist in Relation zu der Wertgesteinsmenge zu setzen, die bisher bei stark verunreinigtem Rohaufwerk durch die selektive Gewinnung mit dem Bagger mittels SKW's zur Abraumhalde verbracht wurde.

Die selektive Gewinnung mit dem Bagger führte in den vergangenen Jahren zu einem durchschnittlichen Ausnutzungsgrad der Lagerstätte von ca. 66%, das heißt, etwa 1/3 des nutzbaren Wertgesteins wurde bisher auf der Abraumhalde verkippt.

Die nachfolgende Abbildung 26 zeigt den wertgesteinhaltigen Abraum aus der Vergangenheit im unteren Haldenbereich im Vergleich zum oberen wertgesteinarmen Bereich der Abraumhalde, der seit Inbetriebnahme der neuen Vorbrucharanlage entstanden ist. Der Abbau der wertesteinhaltigen Haldenbereiche ist wegen der hohen chemischen Qualitätsanforderungen der Abnehmer nicht möglich.



Abbildung 26: Wertgesteinanteil der Abraumhalde Vorher/Nachher im September 2016

Das Messprogramm lässt eine Aussage über die Höhe des Wertgesteinanteils zu, der mit Betrieb der neuen Vorbrucharanlage der Abraumhalde zugeführt wird. Ebenso ist eine Aussage über die Verbesserung des Ausnutzungsgrades der Lagerstätte möglich. Abschließend wird die Auswirkung der Neuanlage auf die Lebenszeit des Steinbruchs in einer Prognose dargestellt.

Die Messreihen an der neuen Vorbrucharanlage erfolgten durchgehend im Zeitraum vom 01.03.2016 bis zum 22.06.2016. In Kapitel 3.2 findet eine umfassende Beschreibung der Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten (Messprogramm) statt.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Vorhabens beschrieben. Dazu erfolgt eine Bewertung der Vorhabensdurchführung sowie die Beschreibung der Durchführung und die Darstellung der Ergebnisse des Messprogramms. Im Rahmen einer Umweltbilanz wird die Energie- und Rohstoffeffizienz der Vorbruchanlage dargestellt. Entgegen der Zielformulierung unter Kapitel 2.1 betrachtet die nachfolgende Energiebilanz nur die Vorbruchanlage, weil diese Fördergegenstand dieses Vorhabens war.

Die durchgeführte Erfolgskontrolle nach Inbetriebnahme der Anlage war sehr hilfreich für die Fördernehmerin, da über die Auswertungen in der Inbetriebnahmephase wesentliche Erkenntnisse hinsichtlich des erforderlichen technischen Optimierungsbedarfs und des Schulungsbedarfs des Bedienpersonals gewonnen wurden.

Insgesamt konnte das Vorhaben, nach den erheblichen zeitlichen Verzögerungen der behördlichen Genehmigung, erfolgreich durchgeführt werden. Technische Probleme nach Inbetriebnahme konnten durch gezielte Kontrolle erkannt und durch Anpassung ausgeräumt werden. In Kapitel 4.1 werden Erfahrungen aus der Praxiseinführung näher beschrieben.

#### 3.2 Durchführung und Ergebnisse des Messprogramms

Im Rahmen des Messprogramms wurden in den Monaten März 2016 bis Juni 2016 durchgehend die Materialmengen über kalibrierte Bandwagen der Förderbänder (Band 1V, Band 2V und Band 3V) erfasst und arbeitstäglich in einem Report dokumentiert. Die im Messzeitraum über die vorgenannten Förderbänder produzierten Massen sind der nachfolgenden Tabelle 6 zu entnehmen.

Monat	Halde Band 1V	Waschgut Band 2V	Brecheraustrag Band 3V	Produktion	Produktion Sollwert
Mrz 16	3.792,50 t	17.913,40 t	25.942,60 t	47.648,50 t	73.600,00 t
Apr 16	1.190,60 t	27.428,30 t	35.026,30 t	63.645,20 t	67.200,00 t
Mai 16	0,00 t	22.715,10 t	30.188,30 t	52.903,40 t	70.400,00 t
Jun 16	0,00 t	22.119,40 t	28.500,90 t	50.620,30 t	70.400,00 t
<b>Summe</b>	<b>4.983,10 t</b>	<b>90.176,20 t</b>	<b>119.658,10 t</b>	<b>214.817,40 t</b>	<b>281.600,00 t</b>

Tabelle 6: Produktionsmengen der neuen Vorbruchanlage von März 2016 bis Juni 2016

Im Regelbetrieb erfolgt die Produktion der Vorbruchanlage über das Brecheraustragsband (Band 3V) und das Waschgutband (Band 2V). Das Haldenband (Band 1V) kommt nur dann zum Einsatz, wenn hoher Lehmanteil im Aufgabegut am Kipptrichter der Vorbruchanlage die Kapazitätsgrenzen des Waschprozesses der Steinwaschanlage überschreitet. In den Monaten März 2016 und April 2016 wurde das Haldenband zeitweise betrieben, weil aufgrund nasser Witterung zudem mit Lehmanbackungen an den Förderaggregaten, beispielsweise an Übergabeschuppen, gerechnet wurde. Das Haldenband bietet somit auch die Möglichkeit, witterungsbedingte Produktionsstillstände zu vermeiden.

Bei jährlich 250 Produktionstagen ist eine Jahrestonnage von 800.000 t geplant. Der Sollwert der täglichen Produktion beträgt demnach 3.200 t. Der Sollwert der monatlichen Produktionsmenge, der in Tabelle 4 in der rechten Spalte dargestellt ist, wurde im Messzeitraum nicht erreicht. Das liegt darin begründet, dass es am Trommeleinlauf regelmäßig zu Materialverklebungen kam, deren mechanische Beseitigung zu Produktionsstillständen führte. Zur Problemlösung wird an einer Änderung der Bunkergeometrie im Einlaufbereich zur Trommel gearbeitet.

Die folgenden Tabellen 7, 8 ,9 und 10 zeigen die Tageswerte der Produktion in den jeweiligen Monaten des Messzeitraums.

Datum	Brecheraustrag Band 3 V	Waschgut Band 2 V	Halde Band 1 V	Produktion	Produktion Sollwert
1.	680,2	521,8	0,0	1.201,9	3.200,0
2.	0,0	0,0	0,0	0,0	3.200,0
3.	0,0	0,0	0,0	0,0	3.200,0
4.	974,5	776,9	0,0	1.751,3	3.200,0
5.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7.	0,0	0,0	0,0	0,0	3.200,0
8.	2.031,1	1.478,1	0,0	3.509,2	3.200,0
9.	1.698,1	1.023,0	425,6	3.146,7	3.200,0
10.	2.116,5	1.563,1	0,0	3.679,7	3.200,0
11.	1.936,8	1.334,4	386,8	3.657,9	3.200,0
12.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14.	1.295,6	953,1	375,7	2.624,2	3.200,0
15.	1.501,4	1.230,6	0,0	2.732,0	3.200,0
16.	2.117,7	1.306,7	0,0	3.424,5	3.200,0
17.	2.056,8	1.585,0	0,0	3.641,7	3.200,0
18.	2.101,9	1.834,6	0,0	3.936,6	3.200,0
19.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21.	207,0	144,2	0,0	351,1	3.200,0
22.	31,7	22,5	0,0	54,3	3.200,0
23.	1.950,0	1.274,5	618,3	3.842,9	3.200,0
24.	1.638,6	464,8	1.129,5	3.233,1	3.200,0
25.	0,0	0,0	0,0	0,0	3.200,0
26.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28.	0,0	0,0	0,0	0,0	3.200,0
29.	926,8	994,9	0,0	1.921,8	3.200,0
30.	1.157,6	337,6	549,3	2.044,7	3.200,0
31.	1.520,3	1.067,6	307,3	2.895,1	3.200,0
Summe März	25.942,6	17.913,4	3.792,5	47.648,7	73.600,0

Tabelle 7: Produktion der neuen Vorbrucharanlage im März 2016 (Messwerte in Tonnen)

Datum	Brecheraustrag Band 3 V	Waschgut Band 2 V	Halde Band 1 V	Produktion	Produktion Sollwert
1.	0,0	0,0	0,0	0,0	3.200,0
2.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.	1.712,9	1.849,8	0,0	3.562,5	3.200,0
5.	1.585,8	1.319,1	0,0	2.905,0	3.200,0
6.	1.728,2	1.609,1	0,0	3.337,4	3.200,0
7.	1.609,5	1.617,9	0,0	3.227,4	3.200,0
8.	1.493,0	1.441,5	0,0	2.934,8	3.200,0
9.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11.	1.775,6	1.314,8	0,0	3.090,2	3.200,0
12.	1.621,4	1.091,0	0,0	2.712,6	3.200,0
13.	1.349,6	1.017,3	0,0	2.366,9	3.200,0
14.	1.879,1	1.697,6	0,0	3.576,9	3.200,0
15.	1.542,7	1.124,0	0,0	2.666,8	3.200,0
16.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18.	1.566,5	1.339,9	0,0	2.906,4	3.200,0
19.	1.805,2	1.650,6	0,0	3.456,0	3.200,0
20.	2.263,0	1.822,3	0,0	4.085,4	3.200,0
21.	1.424,4	874,6	0,0	2.298,9	3.200,0
22.	2.106,1	1.481,6	0,0	3.588,3	3.200,0
23.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25.	2.307,0	1.507,0	0,0	3.813,7	3.200,0
26.	1.984,2	1.389,7	0,0	3.374,0	3.200,0
27.	1.844,9	766,4	1.190,6	3.802,1	3.200,0
28.	1.585,8	1.294,4	0,0	2.880,1	3.200,0
29.	1.841,4	1.219,7	0,0	3.061,3	3.200,0
30.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe April	35.026,3	27.428,3	1.190,6	63.646,7	67.200,0

Tabelle 8: Produktion der neuen Vorbrucharanlage im April 2016 (Messwerte in Tonnen)

Datum	Brecheraustrag Band 3 V	Waschgut Band 2 V	Halde Band 1 V	Produktion	Produktion Sollwert
1.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.	1.342,7	971,9	0,0	2.314,8	3.200,0
3.	1.447,1	936,4	0,0	2.383,4	3.200,0
4.	1.488,0	1.269,1	0,0	2.757,1	3.200,0
5.	0,0	0,0	0,0	0,0	3.200,0
6.	1.660,1	1.356,1	0,0	3.016,4	3.200,0
7.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9.	1.613,5	1.429,1	0,0	3.042,5	3.200,0
10.	2.188,9	1.355,3	0,0	3.544,0	3.200,0
11.	2.076,3	1.105,7	0,0	3.182,1	3.200,0
12.	1.230,4	908,8	0,0	2.139,1	3.200,0
13.	1.382,1	1.120,3	0,0	2.502,3	3.200,0
14.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16.	0,0	0,0	0,0	0,0	3.200,0
17.	1.831,2	1.607,1	0,0	3.438,4	3.200,0
18.	1.566,5	1.580,0	0,0	3.470,2	3.200,0
19.	1.771,0	1.650,6	0,0	3.456,0	3.200,0
20.	858,9	607,3	0,0	1.466,1	3.200,0
21.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23.	1.240,8	970,7	0,0	2.211,4	3.200,0
24.	2.114,3	1.714,3	0,0	3.828,6	3.200,0
25.	2.307,0	1.164,8	0,0	2.650,3	3.200,0
26.	0,0	0,0	0,0	0,0	3.200,0
27.	0,0	0,0	0,0	0,0	3.200,0
28.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30.	2.009,8	1.445,8	0,0	3.455,6	3.200,0
31.	2.059,7	1.521,8	0,0	3.581,4	3.200,0
Summe Mai	30.188,3	22.715,1	0,0	52.439,7	70.400,0

Tabelle 9: Produktion der neuen Vorbrucharanlage im Mai 2016 (Messwerte in Tonnen)

Datum	Brecheraustrag Band 3 V	Waschgut Band 2 V	Halde Band 1 V	Produktion	Produktion Sollwert
1.	2.273,4	1.847,5	0,0	4.120,8	3.200,0
2.	1.907,2	1.486,9	0,0	3.394,1	3.200,0
3.	2.097,5	1.649,0	0,0	3.746,5	3.200,0
4.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6.	1.557,9	1.122,7	0,0	2.680,6	3.200,0
7.	2.172,6	1.351,1	0,0	3.523,6	3.200,0
8.	1.947,4	1.220,4	0,0	3.167,9	3.200,0
9.	1.642,4	1.655,5	0,0	3.297,8	3.200,0
10.	1.740,6	1.719,6	0,0	3.460,4	3.200,0
11.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13.	1.782,3	1.717,7	0,0	3.499,7	3.200,0
14.	1.925,4	1.616,9	0,0	3.542,3	3.200,0
15.	851,7	688,9	0,0	1.540,6	3.200,0
16.	2.186,6	1.893,8	0,0	4.080,3	3.200,0
17.	2.113,7	1.299,0	0,0	3.412,7	3.200,0
18.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20.	2.421,9	1.481,6	0,0	3.903,6	3.200,0
21.	1.880,3	1.368,8	0,0	3.249,1	3.200,0
22.	0,0	0,0	0,0	0,0	3.200,0
23.	0,0	0,0	0,0	0,0	3.200,0
24.	0,0	0,0	0,0	0,0	3.200,0
25.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27.	0,0	0,0	0,0	0,0	3.200,0
28.	0,0	0,0	0,0	0,0	3.200,0
29.	0,0	0,0	0,0	0,0	3.200,0
30.	0,0	0,0	0,0	0,0	3.200,0
Summe Juni	28.500,9	22.119,4	0,0	50.620,0	70.400,0

Tabelle 10: Produktion der neuen Vorbrucharanlage im Juni 2016 (Messwerte in Tonnen)

Die folgende Tabelle 11 stellt exemplarisch den Tagesreport vom 27.04.2016 dar.

Datum: 27.04.2016	Beginn (Schubwagen Start): 07:40	Produktion Ende (Anlage Stopp): 15:07		
	Band 3 V - Brecheraustrag	Band 2 V - Waschgut	Band 1 V - Halde	Gesamt
1.Stunde: 8:40	284,3	130,7	133,7	548,7
2.Stunde: 9:40	227,3	78,6	124,1	429,9
3.Stunde: 10:40	245,0	87,3	166,5	498,9
4.Stunde: 11:40	271,1	91,0	219,7	581,8
5.Stunde: 12:40	239,1	74,9	188,8	502,9
6.Stunde: 13:40	245,8	121,0	124,6	491,4
7.Stunde: 14:40	225,0	130,0	147,3	502,4
8.Stunde: 15:07	107,3	52,9	85,9	246,1
9.Stunde:	0	0	0	0
10.Stunde:	0	0	0	0
11.Stunde:	0	0	0	0
12.Stunde:	0	0	0	0
13.Stunde:	0	0	0	0
14.Stunde:	0	0	0	0
<b>Summe:</b>	<b>1.844,9</b>	<b>766,4</b>	<b>1.190,6</b>	<b>3.802,1</b>
			<b>Sollwert:</b>	<b>4.450,0</b>

Tabelle 11: Tagesmengen der Vorbrucharanlage am 27.04.2016 (Messwerte in Tonnen)

Alle Tagesmessungen wurden für die jeweiligen Monate in eine Grafik überführt und sind den nachfolgenden Abbildungen 27 bis 30 zu entnehmen.

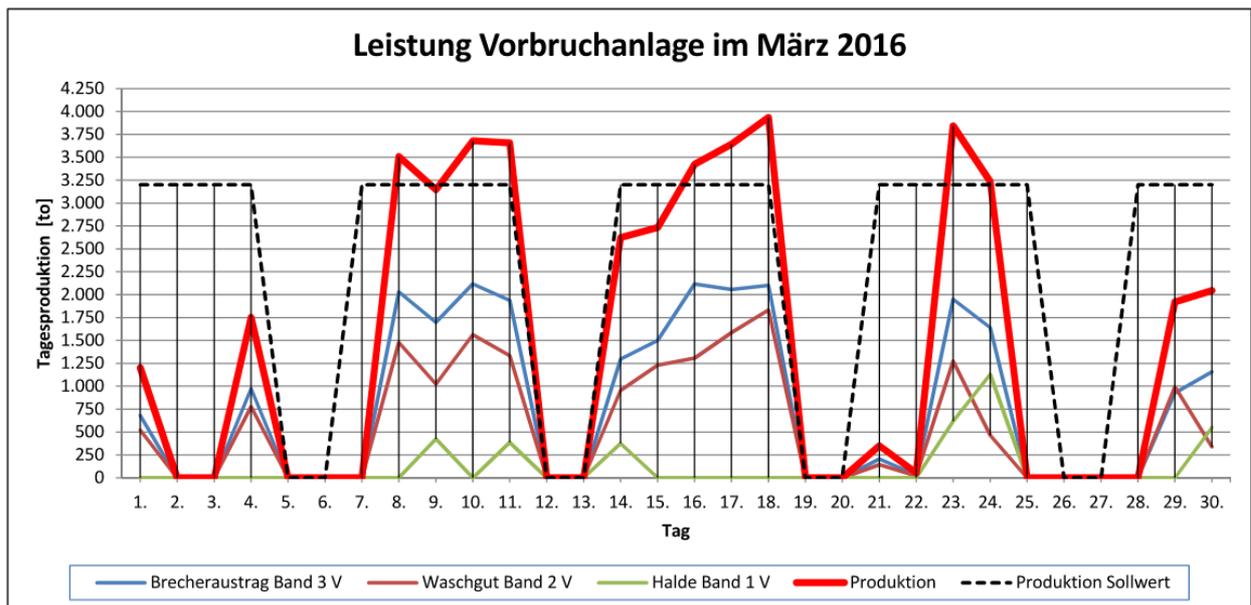


Abbildung 27: Leistung Vorbrucharanlage im März 2016

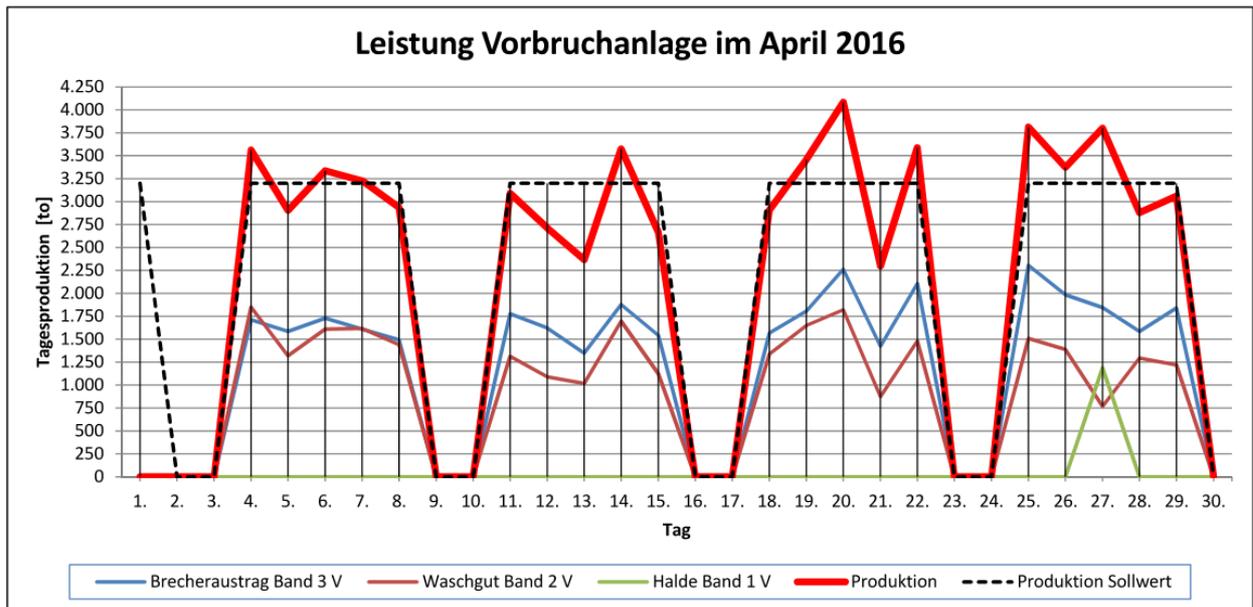


Abbildung 28: Leistung Vorbrucharanlage im April 2016

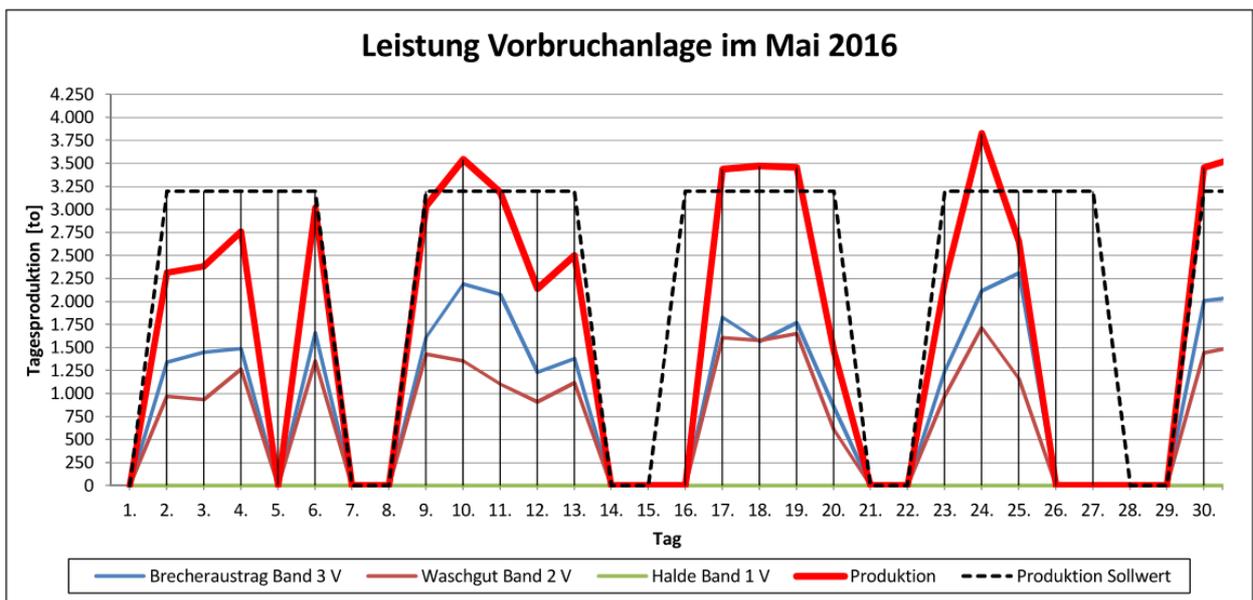


Abbildung 29: Leistung Vorbrucharanlage im Mai 2016

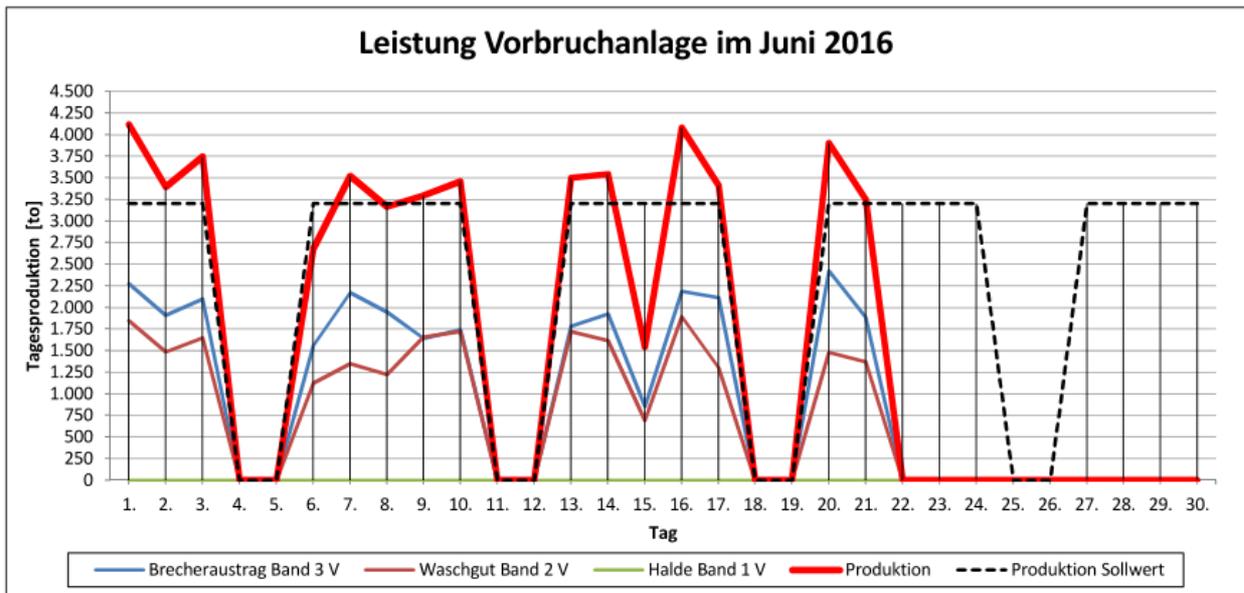


Abbildung 30: Leistung Vorbrucharanlage im Juni 2016

Im ersten Teil der Energiebilanz wird im Folgenden der Effekt der neuen Vorbrucharanlage auf den Dieserverbrauch beschrieben. In der Tabelle 12 wird der Dieserverbrauch pro produzierter Tonne jeweils bezogen auf die alte beziehungsweise neue Vorbrucharanlage gegenübergestellt. Die Leistungsangaben und Energieverbrauchswerte sind dem internen Berichtswesen sowie dem Energiemanagementsystem EnMS des Unternehmens entnommen.

	Leistung	Dieselverbrauch 1. Bagger	Dieselverbrauch 2. Bagger	spez. Dieselverbrauch Laden	Dieselverbrauch 1. Mulde	Dieselverbrauch 2. Mulde	spez. Dieselverbrauch Transport	spez. Dieselverbrauch gesamt
<b>Alte Vorbrucharanlage</b>	224 t/Bh Mittelwert 2012-2014	45,89 l/Bh Mittelwert 2014	49,64 l/Bh	<b>0,43 l/t</b>	19,05 l/Bh Mittelwert 2014	21,45 l/Bh Mittelwert 2014	<b>0,18 l/t</b>	<b>0,61 l/t</b>
<b>Neue Vorbrucharanlage</b>	507 t/Bh (siehe Tab.4)	72,80 l/Bh Mittelwert März-Mai 2016	entfällt	<b>0,14 l/t</b>	28,6 l/Bh Mittelwert März-Mai 2016	29,2 l/Bh Mittelwert März-Mai 2016	<b>0,11 l/t</b>	<b>0,25 l/t</b>

Tabelle 12: Spezifischer Dieserverbrauch der Alt- und der Neuanlage im Vergleich (Bh = Betriebsstunde)

Durch die neue Vorbrucharanlage konnte der spezifische Dieserverbrauch in den Produktionsbereichen Laden und Transport von 0,61 Liter/t auf 0,25 Liter/t gesenkt werden. In diesen Bereichen beträgt der Dieserverbrauch also nur noch etwa 41 % des ursprünglichen Verbrauchs, das heißt, die neue Vorbrucharanlage hat standort- und technikbedingt zu einer Reduzierung des Dieserverbrauchs von fast 60 % geführt.

Insbesondere die Einsparung des 2. Baggers, der beim Betrieb der Altanlage notwendig war, trägt mit einer Reduzierung um 0,29 Liter/t wesentlich zum Gesamt-Diesel-Einspareffekt bei. Beim Transport des Kalksteins haben die höheren Nutzlasten der SKW-Einheiten sowie die Positionierung der Vorbrucharanlage in den Steinbruch zur Reduzierung des spezifischen Dieserverbrauchs um 0,07 Liter/t geführt.

Im Zeitraum von März bis August 2016 wurden in der Trocknungsanlage zur Trocknung des Materials 0/5 insgesamt 65.190 Liter Heizöl eingesetzt. Das Material der Körnung 0/5 wurde aus dem Austragsgut des Vorbrechers der neuen Vorbruchanlage in der neuen Splittanlage abgeseibt und der Trocknungsanlage zugeführt. In Abhängigkeit von der Materialfeuchte wird der Brenner zur Trocknung eingeschaltet.

Im Vergleichszeitraum von März bis August 2015 verbrauchte die Trocknungsanlage 104.220 Liter Heizöl beim Betrieb der alten Vorbruchanlage.

Der Anteil des getrockneten Materials an der Gesamtleistung der Vorbruchanlage beträgt bei der Neuanlage nur noch 7,69 % im Vergleich zur Altanlage mit 15,84% im Vorjahr. Unter der Annahme, dass die Witterungsverhältnisse in den Monaten März bis August der Jahr 2015 und 2016 annähernd vergleichbar sind, findet in der neuen Vorbruchanlage ein Trocknungsprozess statt, der dazu führt, dass der Anteil des zu trocknenden Materials 0/5 um über 8%-Punkte sinkt. Hochgerechnet ergibt sich laut Tabelle 13 eine Heizölsparsnis von 156.000 Liter durch den Betrieb der Neuanlage bei einer jährlichen Gesamtleistung von 650.000 t im Vergleich zur Altanlage im Jahr 2015.

	<b>Vorbruchanlage Leistung in t</b>	<b>davon getrocknetes Material 0/5 in t</b>	<b>Anteil getrocknetes Material 0/5</b>	<b>spez. Verbrauch Heizöl in Liter/t</b>	<b>Verbrauch Heizöl in Liter</b>
<b>Altanlage März 2015 bis August 2015</b>	248.544	39.375	15,84%	0,42	104.220
<b>Neuanlage März 2015 bis August 2016</b>	357.221	27.475	7,69%	0,18	65.190
<b>Altanlage Hochrechnung 2015</b>	650.000	102.960	15,84%	0,42	273.000
<b>Neuanlage Hochrechnung 2016</b>	650.000	49.985	7,69%	0,18	117.000
<b>Ersparnis bezügl. der Hochrechnung</b>					<b>156.000</b>

Tabelle 13: Heizölsparsnis beim Betrieb der Neuanlage im Vergleich zur Altanlage

Im Steinbruch Kallenhardt ist die elektrische Energie ein weiterer wichtiger Energieträger, der demzufolge im Rahmen der Energiebilanz betrachtet werden muss. In der folgenden Tabelle 14 wird der Stromverbrauch pro produzierter Tonne jeweils bezogen auf die alte beziehungsweise neue Vorbruchanlage gegenübergestellt.

	<b>Stromverbrauch</b>	<b>Produktion</b>	<b>spezifischer Stromverbrauch</b>
<b>Alte Vorbruchanlage</b>	570.225 kWh (im Jahr 2015 lt. EnMS)	476.349 t (im Jahr 2015 lt. Betriebsbericht)	<b>1,2 kWh/t</b>
<b>Neue Vorbruchanlage</b>	43.208 kWh (Stromzähler an 17 Messtagen in 08/16)	59.398 t (Bandwaagen V1, V2, V3 an 17 Messtagen in 08/16)	<b>0,73 kWh/t</b>

Tabelle 14: Spezifischer Stromverbrauch der Alt- und der Neuanlage im Vergleich

Der spezifische Stromverbrauch der neuen Vorbruchanlage konnte im Vergleich zur Altanlage um fast 40% gesenkt werden. Die Installation energieeffizienter Antriebstechnik, optimal ausgelastete maschinelle Einrichtungen und die Verwendung von LED-Technik für die Hallenausleuchtung führten zur Reduzierung des spezifischen Stromverbrauchs von 1,2 kWh/t auf 0,73 kWh/t. Nicht zuletzt erfolgte die Verkleidung des Gebäudes mit Lichtbändern, um den Hallenbereich möglichst über natürliches Licht zu beleuchten.

Im Vergleich zur Altanlage wurde die Minderung der Staub- und Lärmemissionen der neuen Vorbruchanlage durch:

- die Verkürzung der Produktionszeiten im Zuge der Erhöhung der Durchsatzleistung,
- die Verwendung moderner Entstaubungstechnik und
- die Einhausung des Gebäudes erreicht.

Beim Abkippen des Ladegutes in den Kipptrichter der Vorbruchanlage kommt bei Bedarf eine leistungsstarke Berieselungsanlage zum Einsatz. Die Staub- und Lärmemissionen der neuen Vorbruchanlage konzentrieren sich lediglich auf den Kamin der Entstaubungsanlage.

Gemäß den behördlichen Bestimmungen ist der Kamin der Entstaubungsanlage so zu errichten und zu betreiben, dass die Schallabstrahlung der Kaminöffnung durch den Einbau geeigneter Schalldämpfer auf einen Schalleistungspegel von  $L_{WA} = 90,3$  dB(A) begrenzt wird. Ferner dürfen die im Abgas enthaltenen staubförmigen Emissionen einen Massenstrom von 0,20 kg/h und eine Massenkonzentration vom 0,15 g/m<sup>3</sup> nicht überschreiten.

Die Emissionsmessungen am Kamin der Entstaubungsanlage der Vorbruchanlage fanden am 18.10.2016 durch ein qualifiziertes Messinstitut statt. Demnach betragen der mittlere Massenstrom 0,017 kg/h und die mittlere Staubkonzentration 0,6 mg/m<sup>3</sup> jeweils für Gesamtstaub. Folglich werden die behördlichen Grenzwerte eingehalten.

Zur Überprüfung des höchzulässigen Schalleistungspegels wurden die Geräuschemissionen durch ein Ingenieurbüro für Akustik im regulären Normalbetrieb messtechnisch ermittelt. Aufgrund der vorhandenen und nicht auszublenenden Fremdgeräusche der stationären Anlagen im Steinbruch wurden die Geräuschemissionen im Querschnitt des Kamines an der Kaminöffnung gemessen. Der aus der Geräuschemissionsmessung ermittelte Schalleistungspegel wird mit  $L_{WA} = 79,8$  dB(A) angegeben. Der höchstzulässige Schalleistungspegel wird damit um 10,5 dB(A) unterschritten.

### 3.3 Umweltbilanz

Bei der Zusammenfassung und Bewertung der ökologisch relevanten Faktoren der neuen Vorbrucharanlage steht der Ausnutzungsgrad der Lagerstätte an erster Stelle. Die nachfolgende Tabelle 15 zeigt die Lagerstättenausnutzung für den Zeitraum 2009 bis 2015, in dem die neue Vorbrucharanlage noch nicht im Einsatz war.

Jahr	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Mittelwert
Gesteinsentnahme* in [m³]	360.589	360.677	346.137	326.684	235.537	255.512	227.879	301.859
Gesteinsproduktion** in [to]	617.033	584.200	584.600	508.800	500.247	470.930	535.010	542.974
<b>Umrechnungsfaktor</b>	<b>1,71</b>	<b>1,62</b>	<b>1,69</b>	<b>1,56</b>	<b>2,12</b>	<b>1,84</b>	<b>2,35</b>	<b>1,80</b>
Ausnutzungsgrad in [%]	63,4	60,0	62,6	57,7	78,7	68,3	87,0	66,6

\* lt. Vermessung und Lagerstättenmodell  
 \*\*lt. interner Betriebsbericht

Tabelle 15: Altanlage, Lagerstättenausnutzung in den Jahren 2009 bis 2015

Die Gesteinsentnahme wird jährlich über eine terrestrische Vermessung ermittelt und auf Grundlage eines bestehenden Lagerstättenmodells volumetrisch erfaßt. Das Lagerstättenmodell stellt die genehmigte Abbaufigur, unterteilt in Abraum und Wertgestein, dar. Es basiert auf geophysikalischen Messungen und Bohrergebnissen, die im Rahmen der Lagerstätten erkundung in der Vergangenheit erfolgten. Zur Berechnung des Umrechnungsfaktors wird die Gesteinsproduktion in Relation zur Gesteinsentnahme gesetzt.

Die Umrechnung von [m³] in [t] erfolgt über das spezifische Gewicht von Kalkstein, das mit 2,7 t/m³ ermittelt wurde. Bei einer 100 %-igen Lagerstättenausnutzung liegt der Umrechnungsfaktor demnach bei 2,7.

Zu beachten ist, dass der Lagerstättenausnutzungsgrad von der Genauigkeit des Lagerstättenmodells abhängig ist. Der Anteil des Lehmspaltenvolumen im Wertgesteinblock des Lagerstättenmodells wird mit 10 % geschätzt. Unter dieser Voraussetzung entspricht eine 100 %-ige Lagerstätten-Ausnutzung im Steinbruch Kallenhardt einem Umrechnungsfaktor von 2,43.

Laut Tabelle 15 beträgt im Steinbruch Kallenhardt der Umrechnungsfaktor 1,8 beziehungsweise der Ausnutzungsgrad 66,6 % (= Verhältnis der Umrechnungsfaktoren 1,8/2,7) jeweils als Mittelwert der Jahre 2009 bis 2015. Das bedeutet, dass von der mittleren jährlichen Gesteinsproduktion in Höhe von 542.974 t insgesamt 33,4 %, also 181.353 t Wertgestein als Abraum verkippt wurden. Unter Berücksichtigung des Lehmspaltenvolumens beträgt der Ausnutzungsgrad 74,1% (= 1,8/2,43). Demnach wurden 140.630 t Wertgestein als Abraum verkippt.

Folgende Durchschnittswerte (Tabelle 16) stellen sich demnach für den Betrachtungszeitraum 2009 bis 2015 beim Betrieb der alten Vorbrucharanlage dar:

	Durchschnitt der Jahre 2009 – 2015 in t
<b>Gesteinsproduktion</b>	<b>542.974</b>
<b>Wertgestein auf Halde</b>	<b>140.630</b>

Tabelle 16: Durchschnittswerte der Altanlage im Zeitraum 2009 bis 2015

Für die neue Vorbrucharanlage wurden in der nachfolgenden Tabelle 17 die über den Messzeitraum März 2016 bis Juni 2016 ermittelten Mengen auf ein Jahr hochgerechnet. Bezogen auf die jährliche Gesteinsproduktion liegt demnach der Anteil Wertgestein, der auf die Abraumhalde verkippt wird, bei unter 1%.

<b>Messprogramm März 2016 – Juni 2016 hochgerechnet auf ein Jahr in t</b>	
<b>Gesteinsproduktion</b>	<b>644.452</b>
<b>Haldenband (Band 1V)</b>	<b>13.167</b>
<b>Wertgestein auf Halde</b>	<b>11.850</b>

Tabelle 17: Messwerte hochgerechnet auf ein Jahr

Im Haldenbandmaterial, das in der Regel als unverkäufliches Material auf der Abraumhalde verkippt wird, sind etwa 10 % nicht verwertbare abschlämmbare Bestandteile < 0,1 enthalten. Demzufolge liegt die Wertgesteinsmenge, die nach Aussieben aus dem ersten Siebtrommelsegment über das Haldenband 1 V zur Abraumhalde verbracht wird bei jährlich 11.850 t. Dies sind unter 2 % der Gesteinsproduktion. Der Umrechnungsfaktor liegt bei 2,38 und der Lagerstätten-Ausnutzungsgrad bei über 98 %.

Ein verbesserter Ausnutzungsgrad führt bei konstanter Versandmenge zur Verlängerung der Lebensdauer des Steinbruchs. Nach heutigem Stand der Lagerstätten erkundung liegt das genehmigte Wertgesteinsrestvorkommen bei 11,9 Mio. m<sup>3</sup> beziehungsweise 28,9 Mio. t (Umrechnungsfaktor 2,43). Bei einer jährlichen Entnahmemenge von 650.000 t hätte die Lebensdauer des Steinbruchs mit der Altanlage 32,9 Jahre betragen.

Die Tabelle 18 verdeutlicht, dass sich die Lebensdauer des Steinbruchs durch die neue Vorbrucharanlage um mehr als 10 Jahre verlängert.

<b>Ausnutzungsgrad</b>	<b>100% (theoretisch)</b>	<b>74,1% (Altanlage)</b>	<b>98% (Neuanlage)</b>
<b>Lagerstättenvorrat laut Modell</b>	11,9 Mio. m <sup>3</sup>	8,8 Mio. m <sup>3</sup>	11,7 Mio. m <sup>3</sup>
<b>Wertgesteinsvorrat in t (Faktor 2,43)</b>	28,9 Mio. t	21,4 Mio. t	28,3 Mio. t
<b>Lebensdauer bei 650.000 t/a</b>	44,5 Jahre	32,9 Jahre	43,6 Jahre

Tabelle 18: Verlängerung der Lebensdauer des Steinbruchs bei 650.000 t/a

Im durchgeführten Messprogramm wurden für die Dauer von vier Monaten spezifische Messdaten ermittelt, die auf eine Jahresproduktionsmenge von 650.000 t/a hochgerechnet und mit den Werten der alten Vorbruchanlage gegenübergestellt wurden.

	<b>Alte Vorbruchanlage</b>	<b>Neue Vorbruchanlage</b>	<b>Δ</b>
<b>Ausnutzungsgrad Lagerstätte</b>	74,1 %	98,0 %	+ 23,9 %
<b>Spez. Dieserverbrauch Logistik</b>	0,61 l/t	0,25 l/t	- 0,36 l/t
<b>Spez. CO<sub>2</sub>-Menge</b>	1,75 kg/t	0,72 kg/t	- 1,03 kg/t
<b>Spez. Heizölverbrauch Trocknung</b>	0,42 l/t	0,18 l/t	- 0,24 l/t
<b>Spez. CO<sub>2</sub>-Menge</b>	1,21 kg/t	0,52 kg/t	- 0,69 kg/t
<b>Spez. Stromverbrauch Vorbruchanlage</b>	1,20 kWh/t	0,73 kWh/t	- 0,47 kWh/t
<b>Spez. CO<sub>2</sub>-Menge</b>	0,71 kg/t	0,43 kg/t	- 0,28 kg/t
<b>Lebensdauer Steinbruch</b>	32,9 Jahre	43,6 Jahre	+ 10,7 Jahre

Tabelle 19: Vorher-Nachher-Vergleich der Umweltentlastungen, Steinbruch Kallenhardt

Mit der neuen Vorbruchanlage stellen sich die Einsparungen, bezogen auf eine Jahres-Gesteinsproduktion von 650.000 t, wie folgt dar:

	<b>Neue Vorbruchanlage</b>
<b>Dieseleinsparung Logistik</b>	234.000 l/a
<b>CO<sub>2</sub>-Einsparung Logistik</b>	669.500 kg/a
<b>Heizöleinsparung Trocknung</b>	156.000 l/a
<b>CO<sub>2</sub>-Einsparung Trocknung</b>	448.500 kg/a
<b>Stromeinsparung Vorbruchanlage</b>	305.500 kWh/a
<b>CO<sub>2</sub>-Einsparung Vorbruchanlage</b>	182.000 kg/a
<b>CO<sub>2</sub>-Einsparung (Gesamt)<sup>2</sup></b>	1.300.000 kg/a
<b>Verlängerung Lebensdauer Steinbruch</b>	10,7 Jahre

Tabelle 20: Tatsächliche Umweltentlastung durch die neue Vorbruchanlage

2

1 Liter Heizöl entspricht 3,13 kg CO<sub>2</sub>, Quelle: <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.htm>  
 1 Liter Diesel entspricht 2,87 kg CO<sub>2</sub>, Quelle: <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.htm>  
 1 kWh Strom entspricht 0,595 kg CO<sub>2</sub>, Quelle: Umweltbundesamt Dessau

### 3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Das hier vorgestellte Vorhaben ist in ein Gesamtvorhaben mit einem Gesamtinvestitionsvolumen in Höhe von 9,2 Mio € eingebunden. Laufende Kosteneinsparungen können nur in diesem Gesamtzusammenhang gesehen werden.

Als jährliche Betriebsstoffeinsparung kann durch die verbesserte Materialausbeute sowie aus den dargelegten Energieeinsparungen mit etwa 285.600,- € gerechnet werden. Dieser Betrag wird ermittelt aus der in der Tabelle 17 ausgewiesenen Einsparung an Dieselkraftstoff in Höhe von 234.00 l/a und der Einsparung an Heizöl in Höhe von 150.000 l/a. Bei Diesel wurde ein durchschnittlicher Nettopreis pro Liter in Höhe von 0,90 € und bei dem Heizöl ein durchschnittlicher Nettopreis pro Liter in Höhe von 0,50 € angenommen.

Zum heutigen Zeitpunkt wird davon ausgegangen, dass sich der Instandhaltungsaufwand jährlich um 350.000,- € reduzieren lässt. Diese Einsparung entspricht etwa 50% des durchschnittlich jährlichen Instandhaltungsaufwandes vor Inbetriebnahme der neuen Anlage. Bei den Personalkosten lassen sich jährlich 360.000,- € einsparen, wobei einige Arbeitsplätze durch altersbedingtes Ausscheiden nicht wieder besetzt werden und betroffene Mitarbeiter mit anderen Aufgaben weiter beschäftigt werden. Bei den sonstigen Kosteneinsparungen in Höhe von jährlich 50.000,- € handelt es sich um Kosteneinsparungen durch die Reduzierung des Einsatzes von Dienstleistungsunternehmen in diversen Betriebsbereichen.

Die vorgenannten Einsparungen sind in die Tabelle 19 eingeflossen. Das Ergebnis der statischen Amortisationsrechnung führt zu einem Pay-Back von 9,6 Jahren.

#### **Amortisationsrechnung (Kapitalrückfluss-, Pay back Methode) WESTKALK Investitionsvorhaben Kallenhardt**

<b>Anschaffungskosten [€]:</b>	9.200.000
<b>Restwert [€]:</b>	0
<b>Nutzungsdauer [a]:</b>	10
<b>Kalkulatorischer Zins [%]:</b>	1,8
<b>Kalkulatorische Abschreibung [€]:</b>	920.000
<b>Jährliche Betriebsstoffeinsparung [€]:</b>	285.600
<b>Saldo Instandhaltung [€]:</b>	350.000
<b>Saldo Personal [€]:</b>	360.000
<b>Saldo Material [€]:</b>	0
<b>Kapitalkosten [€]:</b>	<b>1.002.800</b>
<b>Saldo Sonstiges [€]:</b>	50.000
<b>Jährliche Kosteneinsparung:</b>	<b>42.800</b>
<b>Amortisationszeit [a]:</b>	<b>9,6</b>

Tabelle 21: Statische Amortisationsrechnung

### 3.5 Technischer Vergleich zu konventionellem Verfahren

Eine konventionelle Vorbrucharanlage besteht aus Aufgabetrichter mit Förderaggregat, Vorabsiebung und Vorbrecher. Aus dem Aufgabetrichter wird das Fördergut abgezogen und der Vorabsiebung zugeführt. Das Abzugsaggregat ist in der Regel ein Schubwagenspeiser. Seltener

ist ein Plattenband mit angebautem Aufgabetrichter welches das Haufwerk einem Vibrationsaufgeber übergibt, mit dem es dem nachgeschalteten Vorabscheider zugeführt wird.

Als Vorabscheider stehen mehrere Geräte zur Verfügung. Häufig wird die Vorsiebmaschine mit Stufenrost, die Eindecker- oder Doppeldeckersiebmaschine oder der Rollenrost eingesetzt. Die Größe der Maschine richtet sich an der Anlagenkapazität aus. Die Auswahlkriterien für die Art des Vorabscheiders werden weitgehend von der Qualität des Haufwerks bestimmt. Sofern es notwendig ist, stark klebende Verunreinigungen aus dem Haufwerk zu entfernen, wird der Einsatz eines Rollenrostes bevorzugt.

Bei extrem starker Verschmutzung des Aufgabegutes kann es erforderlich werden, weitere dieser Geräte hintereinander zu schalten. Die Vorsiebmaschine mit Stufenrost wird dann vorgezogen, wenn plattiges Material, auf dem sich größere Mengen Feinanteile ablagern können, aufgegeben wird. Durch den Stufenrost erfolgt eine Umwälzung des Gutes, so dass die Feinanteile vom Vorabscheider völlig aus dem Materialstrom entfernt werden. Die Doppeldeckermaschine zerlegt die abgeschiedenen Feinanteile sofort in zwei Kornklassen, von denen die feinere im Regelfall als Abfallprodukt direkt zur Halde gefördert wird, während die gröbere Fraktion in den meisten Fällen dem vorgebrochenen Gut wieder zugeführt werden kann. Bei relativ sauberem Haufwerk werden Eindecker-Siebmaschinen verwendet. Die Vorabscheider haben im Allgemeinen zwei Aufgaben zu erfüllen:

1. Entlastung des Vorbrechers von hinreichend zerkleinertem Gut
2. Abscheidung von unverwertbarem Gut

Die verunreinigten Feinanteile der Vorabsiebung werden entweder in einer Steinwaschanlage gereinigt oder als nicht verkaufsfähig aufgehaldet beziehungsweise mit dem Abraum im Steinbruch verkippt. Die vollständige Vermarktung der verunreinigten, unbehandelten Vorabsiebung ist nur in Ausnahmefällen möglich. Hier ist die Verwendung in der Zementindustrie zu nennen. Die reine Aufhaldung führt zu einer stetig wachsenden Vorabsiebungshalde und ist meist aus Platzgründen nur begrenzt möglich. Mit einer Steinwaschanlage werden verkaufs- bzw. weiterverarbeitbare Kalksteinkörnungen hergestellt. Dabei ist lediglich der Schlamm zu deponieren oder der Filterkuchen aus der Kammerfilter- oder Siebbandpresse in der Regel im eigenen Steinbruch zu verbringen.

Diese bestehende Gewinnungstechnik ist in nahezu allen Steinbrüchen anzutreffen.

Im vorliegenden Anwendungsbereich im Steinbruch Kallenhardt spielt das Arbeitsprinzip von Kugelmühlen eine wichtige Rolle bei der Beschreibung der Zerkleinerung der agglomerierten Abraumbestandteile in der vorgesehenen Siebtrommel. Vor diesem Hintergrund wird das Arbeitsprinzip einer Kugelmühle kurz beschrieben.

Bei Kugelmühlen handelt es sich um Trommelmühlen, die aus einem in Rotation versetzten Mahlraum bestehen, in dem Mahlgut durch Mahlkörper zerkleinert werden. Die Kugelmühle ist ein Gerät zur Grob-, Fein- und Feinstzerkleinerung oder Homogenisierung von Mahlgut und zählt zu den wichtigsten Aufbereitungsmaschinen.

Kugelmühlen kommen großtechnisch als Trommelmühlen zum Zerkleinern von Klinker, Erzen, Kohle usw. in Bergbau, Hüttentechnik und Keramikindustrie zum Einsatz. Wie bei allen Mahlkörpermühlen werden auch in der Kugelmühle Mahlkörper und Mahlgut bewegt. Das Mahlgut wird zerkleinert, wenn es sich zwischen den Mahlkörpern befindet. Die Zerkleinerung der Körper/Partikel geschieht durch Prall- und Stoßbeanspruchung. Die Mahlleistung wird durch das Volumen der Mühle, das Verhältnis von Länge und Durchmesser sowie durch die Masse der Mahlkörper bestimmt. Die Korngröße der Aufgabe bestimmt die Größe der Mahlkörper. Neben den Mahlkörpern entscheidet vor allem die Trommeldrehzahl über die Mahlleistung. Sie muss im Zusammenhang mit der kritischen Drehzahl  $n_{krit}$  betrachtet werden.

Bild 1

Bild 2

Bild 3

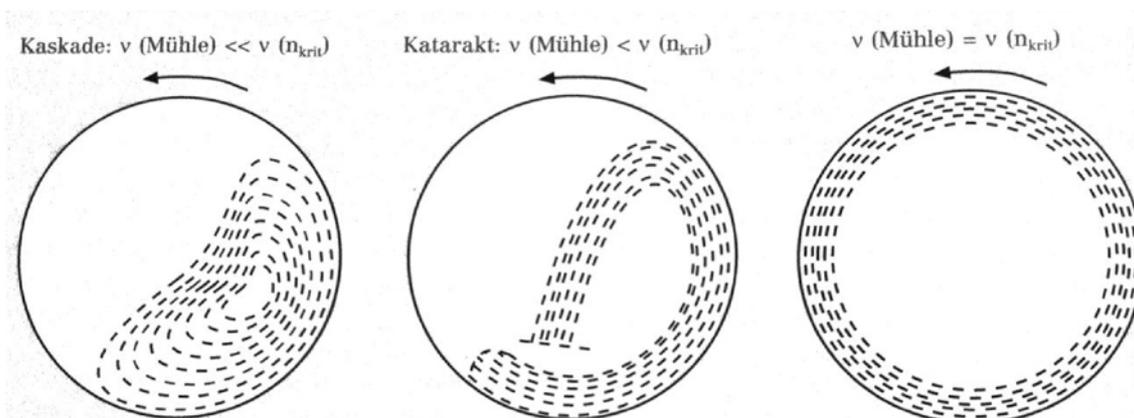


Abbildung 31: Mahlkörperbewegung in Abhängigkeit von der Trommeldrehzahl

Die kritische Drehzahl ist die Drehzahl, bei der die durch die Rotation hervorgerufenen Zentrifugalkräfte die Gravitationskräfte, die auf Mahlkörper und Mahlgut lasten, überlagern würden. Bei ihr ist die Zentrifugalkraft auf den Mahlkörper gerade gleich der Schwerkraft, die Mahlkörper haften an der Mühlenwand und es findet keine Zerkleinerung mehr statt (siehe Abbildung 31, Bild 3).

Liegt die Drehzahl  $n_{\text{krit}}$  unterhalb bildet sich die kataraktförmige Bewegung der Mahlkörper aus. Die Mahlkörper werden durch die Fliehkraft und die Reibung bis kurz vor dem Scheitelpunkt mitgenommen und stürzen dann in einer Wurfparabel nach unten, wo sie das Mahlgut beim Aufprall durch Stoß und Reibung zerkleinern (siehe Abbildung 31, Bild 2).

Sinkt die Drehzahl weiter, rollen die Mahlkörper aufeinander ab. Dies wird als Kaskadenbewegung bezeichnet, bei der die Mahlleistung allerdings gering ist (siehe Abbildung 31, Bild 1).

Wie hoch  $n_{\text{krit}}$  im Einzelfall ist, lässt sich nur empirisch bestimmen, da das tatsächliche Verhalten des Mahlgutes von zahlreichen Faktoren wie der Größenverteilung der Mahlkörper, dem Füllgrad der Mühle oder Reibungskoeffizienten zwischen Mahlgut und Mahlkörper abhängt. Der wirtschaftliche Drehzahlbereich liegt bei Mahlkörpermühlen zwischen 60-80%  $n_{\text{krit}}$ , da in diesem Bereich der Übergang von Kaskaden- zu Kataraktmahlung liegt.

Im vorliegenden Anwendungsbereich übernimmt das Wertgestein im übertragenen Sinn die Aufgabe der Mahlkörper. Die agglomerierten Abraumbestandteile stellen das Mahlgut dar, das zerkleinert wird, wenn es sich zwischen den Kalksteinen befindet.

Der Zerkleinerungseffekt der agglomerierten Abraumbestandteile beziehungsweise der Reinigungseffekt des Wertgesteins wurde in einer mobilen Trommelsiebmaschine am Standort bereits nachgewiesen (Abbildung 32, Versuchsanlage mit Trommeldurchmesser von 1,8 m).



Abbildung 32: Versuchsanlage am Standort

Theoretisch muss davon ausgegangen werden, dass innerhalb der Siebtrommel auch eine Zerkleinerung des Wertgesteins selbst stattfindet. Die Zerkleinerung des Wertgesteins dürfte bei größeren Trommeldurchmessern beziehungsweise größeren Kalksteinblöcken im Aufgabebegut zunehmen. Über das Ausmaß dieser Zerkleinerung in einer Siebtrommel mit einem Trommeldurchmesser von 2,3 m und Kalksteinblöcken mit einer Kantenlänge von bis zu 1.500 mm liegen noch keine Erfahrungswerte vor. Grundsätzlich geht aber, unabhängig vom Ausmaß der Zerkleinerung des Wertgesteins, aufgrund der vorgesehenen Verwendung der mit der Siebtrommel abgeseibten Kalksteine der Körnung 0/80 in der Steinwaschanlage und der Körnung 80/120 in der Zementindustrie kein Wertgestein verloren. Ziel bleibt aber die Minimierung der Zerkleinerung des Wertgesteins innerhalb der Siebtrommel, das heißt, einen möglichst hohen Wertgesteinsanteil dem Vorbrecher und damit dem nachgeschalteten Trockenbereich der Aufbereitungsanlage zuzuführen.

Die hohe Bedeutung der Trommeldrehzahl auf die Mahlleistung bei konventionell eingesetzten Mahlkörpermöhlen und die vorhandenen Kenntnisse über das lagerstättenbedingt stark wechselnde Verhältnis von Wertgestein zu Abraum im Aufgabebegut der Vorbrucharanlage lassen die Aussage zu, dass eine konstante Trommeldrehzahl im Hinblick auf den Reinigungserfolg beziehungsweise die Trennung von Wertgestein und Abraumbestandteilen nicht zielführend ist. Das Antriebskonzept sieht deshalb eine stufenlose Drehzahlregelung der Siebtrommel vor. Die Siebtrommel wird durch eine elektrisch angetriebene Spezialkette angetrieben. Der zugehörige Getriebemotor ermöglicht die Drehzahlverstellung durch moderne Frequenzumrichtertechnik.

Da die Trommeldrehzahl auch die Durchsatzleistung beeinflusst, werden die Faktoren, die bekanntermaßen das Verhalten des Mahlgutes bei konventionell betriebenen Kugelmöhlen beeinflussen, im Folgenden näher betrachtet.

Die Durchsatzleistung beziehungsweise Mahlzeit einer Mühle hängt von zahlreichen Faktoren wie beispielsweise der Größenverteilung der Mahlkörper, dem Füllgrad der Mühle oder dem Reibungskoeffizienten zwischen Mahlgut und Mahlkörper ab. In der Literatur wird empfohlen, die tatsächliche Mahlzeit durch Versuche zu ermitteln. Alle Empfehlungen basieren hier auf Erfahrungswerten.

Im vorliegenden Anwendungsbereich ist die Durchsatzleistung im Wesentlichen durch den Füllgrad der Trommel und durch die Größenverteilung der Mahlkörper beziehungsweise der Gesteinsbrocken zu beeinflussen. Eine Beeinflussung des Reibungskoeffizienten ist nicht möglich.

Der Füllgrad innerhalb einer Siebtrommel wird durch die Materialabsiebung in Förderrichtung abnehmen. Ein konstanter Füllgrad wäre möglich, wenn das Aufgabegut keinen Korndurchmesser kleiner der größten Siebmasche in der Trommel besitzt. Da dies im Steinbruch Kallenhardt nicht der Fall sein wird, wird der Füllgrad der Siebtrommel in Förderrichtung in Abhängigkeit von der Sieblinie des Aufgabegutes abnehmen.

Unter Berücksichtigung des vorliegenden marktbezogenen Mengengerüsts der gesamten Aufbereitungsanlage spielt der Füllgrad der Trommel eine entscheidende Rolle. Im Sollzustand darf der Füllgrad der Siebtrommel nur um maximal 50% abnehmen, das heißt, der Füllgrad sollte sich innerhalb der Trommel vom Einlass- bis zum Auslassbereich etwa halbieren. Der Sollzustand gewährleistet bei einer Kipprichterleistung von 600 t/h eine Vorbrecherleistung von 300 t/h. Die Kipprichterleistung wird durch die stufenlos verstellbare Hubzahl des hydraulischen Schubwagenspeisers vorgegeben.

Die betriebseigene Bohr- und Sprengabteilung ist gefordert, das bestehende Sprengbohrlochrastrer dahingehend zu optimieren, dass eine entsprechende Kornzusammensetzung im gesprengten Rohaufwerk zur Realisierung des Sollzustandes beim Füllgrad der Trommel erreicht wird. Hierzu liegen umfangreiche sprengtechnische Kenntnisse der Bohr- und Sprengabteilung vor. Auf eine vom Soll abweichende Kornzusammensetzung kann im Einzelfall mit der Verstellmöglichkeit des Schubwagenspeisers reagiert werden.

Es konnte im Siebversuch am Standort festgestellt werden, dass ein geringerer Füllgrad insbesondere in den letzten beiden Segmenten der Siebtrommel eine Zerkleinerung der agglomerierten Abraumbestandteile begünstigte. Dabei war der Zerkleinerungseffekt umso größer, je größer die Gesteinsbrocken im Verhältnis zu den agglomerierten Abraumbestandteilen waren. Das bedeutet, dass ein effektiver Reinigungseffekt zu Lasten der Durchsatzleistung gehen kann und damit das Mengengerüst des gesamten Werkes in ein Ungleichgewicht geraten kann.

Bei der Betrachtung des Arbeitsprinzips der Kugelmühle ist noch erwähnenswert, dass die Korngröße der Aufgabe die Korngröße der Mahlkörper bestimmt und dass die Mahlleistung durch die Masse der Mahlkörper bestimmt wird. In jedem Fall sollte die Dichte der Mahlkörper möglichst hoch sein, da die in das Mahlgut eingetragene Energie von ihr abhängig ist. Diese Erkenntnisse können auch auf die vorliegende neue Anwendung übertragen werden. Weil ausschließlich größere Stücke des Aufgabegutes die Zerkleinerung übernehmen, handelt es sich hier um eine vergleichbare autogene Mahlung.

Die Zerkleinerung der agglomerierten Abraumbestandteile findet im Wesentlichen durch Stoß und nicht durch Reibung der aufeinander fallenden Gesteinsbrocken, zwischen denen sie sich befinden, statt. Bei vorgegebener, unveränderbarer Dichte des Kalksteins ist die für die Zerkleinerung notwendige kinetische Energie nur über die Korngröße der Kalksteine bereitzustellen. Demzufolge sollte sich im Aufgabegut eine im Verhältnis zum Abraum ausreichende Anzahl von möglichst großen Gesteinsbrocken befinden. Die maximale Größe der Gesteinsbrocken von ca. 1.500 mm wird durch die Abmessungen des Vorbrecherrotors beziehungsweise durch die Abmessungen der Einlaufhaube des Vorbrechers bestimmt. Daraus ergibt sich wiederum der umgesetzte Trommeldurchmesser von 2.300 mm.

Entscheidend für die Effektivität der Klassierung von Wertgestein und agglomerierten Abraumbestandteilen ist die zeitnahe Reaktion der Sensorik auf Veränderungen der Materialzusammensetzung in der Siebtrommel. Dazu wird die Vorbrucharanlage mit einem modernen Steuer und Regelungssystem sowie dem Stand der Technik entsprechender Messtechnik ausgestattet. Das Regelungssystem der im Rahmen des Projektes entwickelten

effektiven Klassierung von Wertgestein- und agglomerierten Abraumbestandteilen basiert auf einem komplexen Steuerungssystem. Darin werden mit Hilfe eines Monitoringsystems die prozessrelevanten Stellglieder der gesamten Vorbruchanlage sowie der erfassten Ein- und Ausgangsgrößen im Online-Verfahren visualisiert.

Als Stellgrößen sind die Trommeldrehzahl und die Hubzahl des hydraulischen Schubwagens zu nennen. Das System orientiert sich vorzugsweise am Maximalwert der Stromaufnahme der Abzugsförderbandanlagen der Vorbruchanlage. Es beeinflusst die Stellgrößen derart, dass bei optimaler Durchsatzleistung der Gesamtanlage stets der gewünschte Reinigungsgrad im Aufgabegut des Vorbrechers erreicht wird. Die Ermittlung des Reinigungseffektes der Siebtrommel erfolgt dabei mittels Farbanalyse einer industriellen Bildverarbeitung. Um dem Benutzer interaktive Eingriffsmöglichkeiten auf relevante Faktoren zu ermöglichen ist geplant, in das Steuerungssystem eine Prozessvisualisierung hard- und softwaretechnisch zu integrieren.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass eine leistungsstarke Trommelsiebmaschine der beschriebenen Dimension als integraler Bestandteil einer stationären Vorbruchanlage in der Natursteinindustrie ein absolutes Novum darstellt. Mit der Besonderheit der Reinigung von Natursteinen und der Zerkleinerung von Abraumagglomerationen ist die Vorbruchanlage durch modernste Mess- und Steuerungstechnik in der Lage im vollautomatischen Betrieb extrem schwieriges Siebgut effektiv mit hohem Ausnutzungsgrad der Lagerstätte zu verarbeiten.

Mit der neuen Anlagentechnik bedarf es zwingend einer Anpassung der internen Logistik, die mit nachfolgenden Investitionen verbunden sind:

- Transportbänder zur Edelsplittanlage
- Transportbänder zur Steinwaschanlage
- Neubau der Edelsplittanlage

## **4. Empfehlungen**

### **4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung**

Die Einlaufhaube als Verbindung von Siebtrommel zum Brecher ist der wichtigste Baustein in dem Gesamtkonzept, da die Einlaufhaube das Zusammenspiel der Prozesse sicherstellt.

Bei der Planung des Projektes wurde zum einen die optimale Ausrichtung der Anfahrtsbrücke, des Schüttbunkers und der Siebtrommel geplant, zum anderen die optimale Ausrichtung des Vorbrechers zum Transportband, das das Wertgestein abtransportiert. Der Abstand der Siebtrommel zum Vorbrecher stellte sich in der Planungsphase als unerwartete Herausforderung dar.

Die Einlaufhaube mit einer Masse von ca. 20 Tonnen ist eine Sonderanfertigung, die in Zusammenarbeit der Firmen Hazemag, Gerwin und WESTKALK entwickelt wurde. Gebaut wird sie von der Fa. Gerwin. Die Einlaufhaube muss zwischen den beiden Komponenten im 45 Grad-Winkel platziert werden. Die maximale Traglast des Brechers von 5 Tonnen, die über dem Massenschwerpunkt des Brechers liegt, musste berücksichtigt werden. Die intensive Diskussion mit den Anlagenbauern Fa. Gerwin und Fa. Hazemag führte dazu, dass die überwiegende Last der Einlaufhaube über mehrere Stahlstützen in den Stahlbau abgeleitet wurde.

Zudem wurde auch ein Kettenvorhang zur Absicherung in der Haube erforderlich, damit rückprallende Steine aus dem Brecher die Trommel nicht unkontrolliert verlassen.

Die nachfolgende Abbildung 33 verdeutlicht den Zusammenhang.

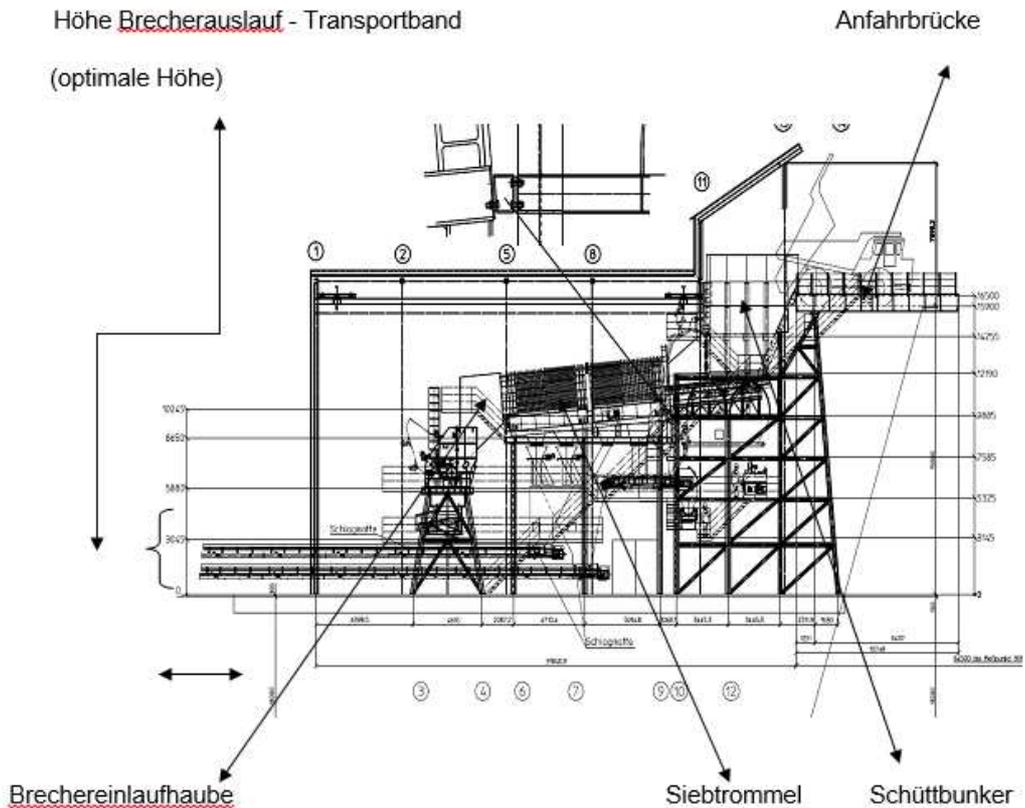


Abbildung 33: Prinzipskizze des Projektes

Im Probetrieb stellte sich heraus, dass die dynamischen Kräfte in der Siebtrommel so groß waren, dass es zu Bewegungen und Verschränkungen im Stahlbau kam. Diese Kräfte wirkten aufgrund axialer Belastung zerstörend auf die Gleitlager der Laufräder, so dass deren Belastungsgrenze überschritten wurde und die Laufräder ausfielen. Als Folge wurden der Stahlbau unter der Trommel verstärkt und Laufräder mit höher belastbaren Lagern verwendet.

Die nachfolgende Abbildung 34 visualisiert die stärkeren Laufrollen.



Abbildung 34: Stärkere Laufrollen an der Siebtrommel am 16.06.2016

Eine weitere Problematik besteht im Einlaufbereich der Trommel. Die geplante Stundenleistung von 600 t/h wird nicht erreicht, da mehrmals täglich größere Steine (dabei reicht bereits eine Kantenlänge von 1.000 mm) den Einlauf blockieren, obwohl der Einlauf für Steine mit einer maximalen Kantenlänge von 1.500 mm ausgelegt ist. Die Steine blockieren den Einlaufbereich, besonders dann, wenn sich zwei oder mehr Steine verkanten. Diese Verkantungen sind jeweils mechanisch mit einem hydraulisch betriebenen Meißel zu lösen. Der erforderliche Bearbeitungsaufwand von ca. 10 Minuten pro Verkantung reduziert die mittlere Stundenleistung auf etwas über 500 t.

Zur Lösung dieses Problems soll die Bunkergeometrie im Einlaufbereich zur Trommel angepaßt werden, damit größere Steine einzeln in die Trommel eingeführt werden.

## **4.2 Modellcharakter**

Die Lagerstätte in Kallenhardt zeichnet sich durch eine relativ große Anzahl verlehmteter Karstspalten aus. Diese besondere geologische Beschaffenheit findet sich mehr oder weniger ausgeprägt in zahlreichen Lagerstätten des devonischen Massenkalks wieder. Insbesondere die stetig steigenden Qualitätsanforderungen der Nachfrager von Gesteinskörnungen aus Naturstein zwingen die Betreiber wie auch die Hersteller von Aufbereitungsanlagen die Technik weiter zu optimieren und sicher zu stellen, dass keine Verunreinigungen in Form von Abraumbestandteilen in das Endprodukt gelangen. Als Nachfrager für Kalksteinprodukte sind die Zementindustrie, die Kalkindustrie, die Asphalt- und Betonindustrie sowie die Glas- und Futtermittelindustrie zu nennen.

Eine Vorbruchanlage mit Siebtrommel als Vorsieb und einer Steinwaschanlage zur Abreinigung der abschlämmbaren Bestandteile der Vorabsiebung verhindert Lehmverunreinigungen der Brechprodukte und löst die Probleme im Zusammenhang mit unverkäuflicher Vorabsiebung. Dies erklärt das große Interesse einiger benachbarter Natursteinbetriebe an der Vorbruchanlage.

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, gibt die Produktionsmenge im Jahr 2015 für gebrochene Natursteine mit 210 Mio. t und für Kalk-, Mergel- und Dolomitsteine inklusive Marmor mit ca. 65 Mio. t an (Quelle: Deutschland – Rohstoffsituation 2015, BGR, Stand 11/2016). Das bedeutet, dass nahezu ein Viertel der Gesamtabbauemenge der Lagerstätten in Deutschland, die der Herstellung gebrochener Natursteine dienen, für den Einsatz einer Siebtrommel als Vorabscheider in Frage kommen.

## **4.3 Zusammenfassung**

Im Rahmen des Vorhabens konnte nachgewiesen werden, dass mit Umsetzung der innovativen und ressourcenschonenden Vorbruchanlage der Energieeinsatz wesentlich reduziert und die Wertgesteinsausbeute im Vergleich zum Stand der Technik wesentlich erhöht werden kann.

Mit Antragstellung wurde die Steigerung der Wertgesteinsausbeute von bisher 70 – 80 % auf über 90 % geschätzt und damit verbunden eine Reduzierung des durchschnittlichen jährlichen Flächenverbrauchs von bisher 1 ha auf 0,8 ha in Aussicht gestellt. Mit der Reduzierung des Wertgesteinanteils in der Abraumhalde sollte eine Verlängerung der Lebensdauer des Steinbruchs von 6 Jahren verbunden sein. Bei einer Jahresproduktion von ca. 650.000 t sollte für das Gesamtvorhaben eine Verminderung des Kraftstoffverbrauchs der innerbetrieblichen Logistik um 261.550 l/a und eine Reduzierung des Heizölverbrauchs in der Kalkstein-Trocknungsanlage um 150.000 l/a einhergehen.

Nach Umsetzung des Vorhabens konnte im durchgeführten Messprogramm für die geförderte Vorbruchanlage für die Dauer von vier Monaten spezifische Messdaten ermittelt werden, die auf eine Jahresproduktion von 650.000 t hochgerechnet wurden. Demnach kann durch die neue Vorbruchanlage die Wertgesteinsausbeute auf 98 % gesteigert werden, sodass die Lebensdauer

des Steinbruchs um über 10 Jahre verlängert wird. Bei der Verminderung des Kraftstoffverbrauchs der innerbetrieblichen Logistik konnte eine Einsparung von 234.000 l/a erreicht werden. Der Heizölverbrauch in der Kalkstein-Trocknungsanlage wird um 156.000 l/a und der Stromverbrauch für die Vorbrucharanlage um 305.500 kWh/a reduziert. Insgesamt reduzieren sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 1.300 t/a.

Auf Basis einer statischen Amortisationsrechnung für das Gesamtinvestitionsvolumen von 9,2 Mio. € ist im neunten Jahr ein positiver Zahlungsstrom zu erwarten. Aufgrund der langen zeitlichen Verzögerungen im Projekt waren die Lieferanten nicht mehr an die alten Angebote gebunden. Steigende Preise und vereinbarte Preisklauseln führen zu einer enormen Kostenüberziehung in Höhe von 1,7 Mio. € sowohl in Bezug auf das Gesamtvorhaben als auch bezogen auf das geförderte Teilvorhaben.

Eine Übertragbarkeit des Konzeptes ist aus technischer Sicht auf alle vergleichbaren Betriebe möglich. Die Anlage kann auf Wunsch, nach vorheriger terminlicher Abstimmung besichtigt werden.