

Abschlussbericht

zum Vorhaben

Löschen eines lehmhaltigen Muschelkalk-Vorsiebmaterials durch Mischung mit Branntkalk und Absiebung, NKa3-003119

Zuwendungsempfänger/-in

MSW Mineralstoffwerke Südwest GmbH & Co. KG

Umweltbereich

Ressourceneffizienz / Materialeinsparung

Laufzeit des Vorhabens

16.10.2015-31.05.2016

Autor/-en

Dipl.-Kfm. techn. Benedikt Fahrland
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Kunkel

**Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und
Reaktorsicherheit**

Datum der Erstellung

30.11.2016

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen UBA: NKa3-003119	Projekt-Nr.:
Titel des Vorhabens: Löschen eines lehmhaltigen Muschelkalk-Vorsiebmaterials durch Mischung mit Branntkalk und Absiebung	
Autor/-en (Name, Vorname): Fahrland, Benedikt Kunkel, Stefan	Vorhabenbeginn: 16.10.2015
	Vorhabenende (Abschlussdatum): 31.05.2016
Zuwendungsempfänger/-in (Name, Anschrift): MSW Mineralstoffwerke Südwest GmbH & Co. KG Augsburger Straße 235 B 70327 Stuttgart	Veröffentlichungsdatum:
	Seitenzahl:
Gefördert im BMUB-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit	
Kurzfassung (max. 1500 Zeichen): Am Standort Mönshheim sind im abgebauten Muschelkalkmaterial bindige Lehmanteile vorhanden, die in den produzierten Materialien nur zu geringem Anteil enthalten sein dürfen, weshalb ein großer Rohstoffanteil bisher unverwertbar war. Um den Ressourcenverbrauch zu mindern, wird durch die dosierte Zugabe von ca. 0,8 % Branntkalk das verunreinigte Vorsiebmaterial in einem Doppelwellenmischer abgelöscht. Die Lehmanteile lösen sich dadurch vom Gestein und liegen durch die Reaktion mit dem Branntkalk ausreichend trocken vor, um diese mit einem relativ geringen verbleibenden Steinanteil bei ca. 16 mm abzusieben. Das saubere Gestein wird dem Produktionsprozess zugeführt. Die Nutzung des Rohstoffes steigt durch den Branntkalkeinsatz im Aufbereitungsprozess von derzeit ca. 65 % auf über 90 % mit entsprechend geringerer Rückführmenge zur Verfüllung im Steinbruch. Eine Nutzung des verbleibenden Materials als Verfüllbaustoff ist denkbar.	
Schlagwörter: Aufbereitung, Kalkstein, Kalk, Branntkalk, Ressourceneffizienz, Ressourcen, Energie	
Anzahl der gelieferten Berichte Papierform: Elektronischer Datenträger:	Sonstige Medien: Veröffentlichung im Internet geplant auf der Website: www.umweltinnovationsprogramm.de

Report Coversheet

Reference No. UBA: Nka3-003119	Project-No.:
Report Title: Slaking a clay-containing pre-screen material of upper shell limestone by mixing with burnt lime and sieving	
Author/Authors (Family Name, First Name): Fahrland, Benedikt Kunkel, Stefan	Start of project: 16.10.2015
	End of project: 31.05.2016
Performing organisation (Name, Address): MSW Mineralstoffwerke Südwest GmbH & Co. KG Augsburger Straße 235 B 70327 Stuttgart	Publication Date:
	No. of Pages:
Funded in the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety.	
<p>Summary (max. 1500 characters): At the quarry Mönsheim, the mined upper shell limestone material contains cohesive clay adhesions which may be contained in the products only in a small proportion. Therefore, a large percentage of raw material was unusable so far. To reduce resource consumption, the impured pre-screen material is processed in a twin-shaft mixer by addition of about 0.8% burnt lime. The clay parts detach from the stone due to drying and mixing. Then the pre-screen material is sieved at 16 mm. The resulting stone material is used in the production process. The raw material efficiency increases from 65 % to approximately 90 % by using burnt lime in the raw material preparation process. This effect is associated with a lower recirculation amount for filling in the quarry. The use of this discharged material as construction material for filling in future is conceivable, too.</p>	
<p>Keywords: processing of raw material, limestone, lime, burnt lime, efficiency of resource consumption, resources, energy</p>	

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	5
1.1	Kurzbeschreibung des Unternehmens und der Projektpartner.....	5
1.2	Ausgangssituation	5
2	Vorhabenumsetzung	5
2.1	Ziel des Vorhabens	5
2.2	Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten).....	6
2.3	Umsetzung des Vorhabens.....	7
2.4	Behördliche Anforderungen (Genehmigungen).....	8
2.5	Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten.....	9
3	Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung	9
3.1	Bewertung der Vorhabendurchführung.....	9
3.2	Stoff- und Energiebilanz	10
3.3	Umweltbilanz.....	10
3.4	Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	11
3.5	Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren.....	12
4	Übertragbarkeit	12
4.1	Erfahrungen aus der Praxiseinführung.....	12
4.2	Modellcharakter/Übertragbarkeit	12
5	Zusammenfassung.....	13
6	Summary.....	15

ANHANGVERZEICHNIS

- Anhang 1: Stoff- und Energiebilanz mit Anlage zu den Berechnungsgrundlagen
- Anhang 2: Bildmaterial aus der Projektumsetzung

1 Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens und der Projektpartner

Die MSW Mineralstoffwerke Südwest GmbH & Co. KG ist ein mittelständisches, zum Familienunternehmen Heinrich Mertz Kies- u. Sandwerke GmbH & Co. KG gehörendes Unternehmen in der Steine- und Erden-Industrie mit Sitz in Stuttgart und erlöst Umsätze in Höhe von ca. 7 bis 10 Mio. € jährlich mit durchschnittlich 12 Mitarbeitern. Sie betreibt am Standort Mönshheim einen Steinbruch zum Abbau des oberen Muschelkalks, der zu Baustoffen insbesondere für den Straßenbau, Tiefbau und die Asphaltproduktion aufbereitet wird.

Als Projektpartner waren die BHS-Sonthofen GmbH, ein Hersteller von Misch- und Zerkleinerungsmaschinen für unterschiedliche Anwendungen, sowie die Märker Kalk GmbH als Hersteller von gebrannten Kalken beteiligt, welche bereits die Versuchsphase zur Entwicklung und Prüfung des Verfahrens begleitet haben.

1.2 Ausgangssituation

Der Abbau des Gesteins erfolgt im Steinbruch Mönshheim mittels eines Hydraulikbaggers und wird von diesem auf eine Schwerlastmulde verladen. Dieser transportiert das Rohmaterial zum Aufgabetrichter am Vorbruch, wo die Aufbereitung des Materials beginnt. Das abgebaute Muschelkalkmaterial enthält einen hohen Lehmanteil, weshalb das gewonnene Rohmaterial vor der ersten Brechstufe bei 120 mm über einen Rollenrost abgesiebt wird. Der Anteil kleiner 120 mm wird über weitere Rollenroste in die Fraktionen 0-22 mm, 22-60 mm und 60-120 mm klassiert. Der Anteil kleiner 22 mm wird über ein Rückführband direkt wieder im Steinbruch verfüllt, die beiden Fraktionen 22-60 und 60-120 mm werden abhängig von Witterung und den Lehmanhaftungen in den Produktionsprozess zurückgeführt; dies ist jedoch nur selten möglich. Zu 80 % werden beide Fraktionen als "Schmutzschotter" für den Wegebau im Bereich der Steinbruchverfüllung im Rahmen der Wiederverfüllung und Rekultivierung genutzt. Durch den hohen Anteil an rückgeführtem Material entsteht zusätzlicher Aufwand für den Transport und Einbau der überschüssigen, nicht verwertbaren Materialmengen. Da am Standort keine ausreichende bzw. wirtschaftlich vertretbare Wasserversorgung besteht, konnte nicht - wie an anderen Standorten realisiert- ein Waschverfahren zur Verbesserung der Rohstoffausbeute genutzt werden. Deshalb wurde eine alternative Methode zur Nutzbarmachung des steinhaltigen, jedoch lehmurchsetzten Vorsiebmaterials gesucht, um den Ressourcenverbrauch zu verringern.

2 Vorhabenumsetzung

2.1 Ziel des Vorhabens

Ziel ist die Aufbereitung des Vorsiebmaterials bis 120 mm, so dass nach einer Absiebung bei 16 mm der Anteil von 16 bis 120 mm vollständig in den Produktionsprozess zurückgeführt werden kann. Dadurch soll sich der Ressourcenverbrauch bei der Rohstoffgewinnung um ca. 30 % reduzieren, die Rohstoffausnutzung steigt somit von ca. 65 % auf über 90 %.

Durch die einhergehende Verkürzung der erforderlichen Produktionszeit in der Gewinnung soll sich unter Berücksichtigung des Energieaufwandes für die zusätzliche Anlage eine Verbesserung des Energiebedarfes um ca. 20 % ergeben. Aufgrund des Einsatzes von Branntkalk im Verfahren und den beim Brennprozess entstehenden CO₂-Emissionen ergibt sich eine nahezu ausgeglichene Bilanz für den CO₂-Ausstoß, d.h. die lokale Energieeinsparung kompensiert die bei der Branntkalkproduktion entstehende CO₂-Emission im Herstellwerk.

2.2 Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

Das am Vorbruch abgeseibte, lehmurchsetzte Vorsiebmaterial 0 bis 120 mm wird nicht mehr auf die einzelnen weiteren Siebschritte gefördert, sondern einer neu errichteten Branntkalk-Mischanlage zugeführt, und erst nach dem Mischprozess zurückgeführt und nur noch über einen (statt zwei) Rollenrost mit einem Trennschnitt bei 22 mm geführt. Der nunmehr nur noch gering lehmhaltige Anteil von 22 bis 120 mm wird in die Produktion zurückgeführt. Im weiteren Verlauf wird geprüft, ob eine Senkung des Trennschnittes am Rollenrost auf 16 mm oder weniger qualitativ möglich ist, alternativ erfolgt eine gesonderte Aufbereitung des Restmaterials durch gesonderte Absiebung bei ca. 8 mm und Verwertung der Fraktion 8 bis 22 mm.

Die Auslegung der Mischanlage erfolgte auf Basis der bekannten Mengenströme. Die Gewinnung wird mit einer durchschnittlichen Stundenleistung von 520 t betrieben, welche durch den Rollenrost am Vorbruch bei 120 mm aufgeteilt wird. Der Anteil > 120 mm mit rund 280 t/h wird in den Vorbrecher und weiter in die Produktion geführt, während der Anteil < 120 mm mit rund 240 t/h abgeschieden wird. Dementsprechend wurde der Mischprozess auf eine Stundenleistung von ca. 250 t ausgelegt.

Aus den Versuchen im Vorfeld war bekannt, dass die benötigte Branntkalkmenge in Abhängigkeit von der Materialfeuchte um 0,8 Prozent liegt (Schwankungsbreite zwischen 0,5 und 1,5 %), jedoch die Mischzeit wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis hat. Dies liegt zum einen in der benötigten Verweilzeit, um die Ablöschreaktion mit dem Branntkalk auszulösen, zum anderen dient der Mischvorgang auch der Reibung des Materials aneinander, um die nunmehr angetrockneten Lehmanhaftungen durch mechanischen Krafteintrag zu lösen. Die optimale Mischzeit wurde mit 90 Sekunden ermittelt, so dass sich eine Gesamtdauer pro Charge von 120 Sekunden ergibt (15 sec. Befüllen des Mixers, 90 sec. Mischen, 15 sec. Entleeren). Pro Stunde können somit 30 Mischzyklen gefahren werden, die theoretische Füllmenge ergibt sich bei 240 t/h mit 8 t Vorsiebmaterial zuzüglich im Mittel 64 kg Branntkalk pro Mischung. Bei einer angenommenen Wichte von 1,75 t/cbm des Vorsiebmaterials wurde die Größe des eingesetzten Doppelwellen-Chargenmischers mit einem Füllvolumen (Trockenfüllung) von 6 cbm gewählt (DKXS 4,50).

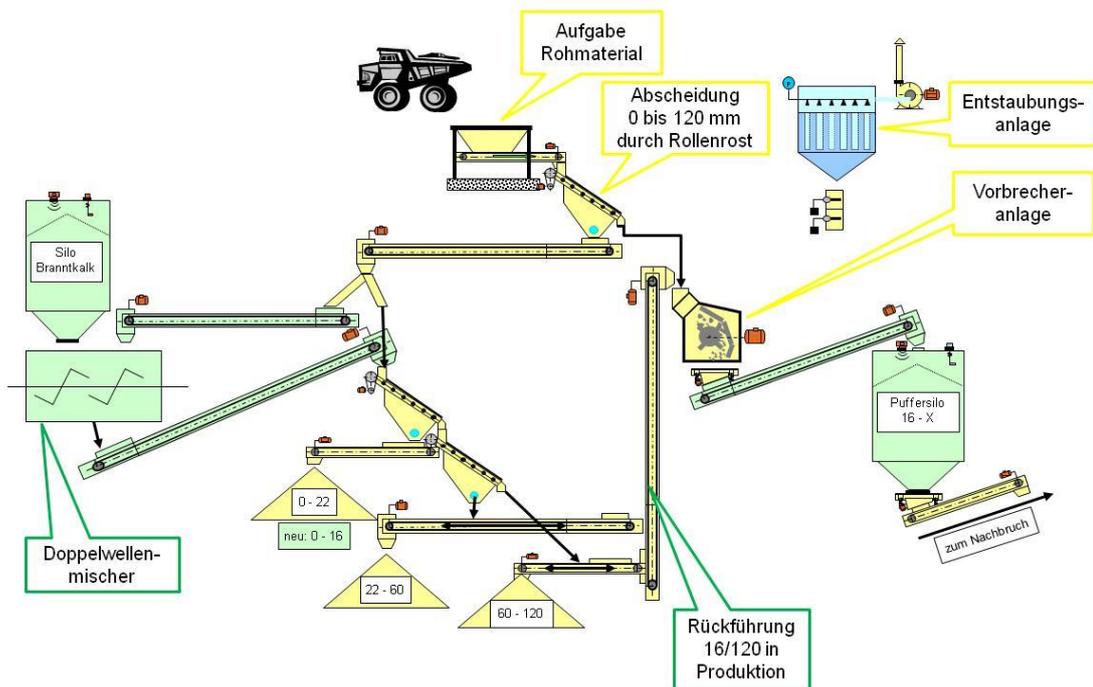
Entsprechend dieser Auslegung wurden zwei Vorbehälter vor dem Mischer mit einer Kapazität von jeweils 10 t sowie ein Nachbehälter für ca. 15 t vorgesehen, um den Chargenbetrieb des Mixers in den kontinuierlichen Materialfluss einzubinden.

Aufgrund der räumlichen Situation und des Platzbedarfes wurde die Mischanlage mit den Vorrats-Silos für den Branntkalk in einem gesonderten Anlagenteil untergebracht. Hierzu konnte auf eine noch vorhandene, demontierte ehemalige Mörtelmischanlage zurückgegriffen werden, so dass mit einigen Modifikationen am Stahlbau die Errichtung möglich war. Die Zu- und Abführung wurde mit Förderbändern realisiert.

Insgesamt ergibt sich im elektrischen Teil eine Leistungszunahme durch die ständig laufenden Fördereinrichtungen von rund 75 kW, der Mischer wird frequenzgeregelt über zwei miteinander gekoppelte Motoren mit je 90 kW angetrieben, die Einschaltdauer beträgt aufgrund der vorgegebenen Mischzeit 75 %. Es ergibt sich rechnerisch demnach ein zusätzlicher Strombedarf von ca. 200 kWh pro Betriebsstunde (die Anzahl der Betriebsstunden für den gesamten Teil Vorbruch reduzieren sich durch die Umsetzung des Vorhabens, siehe 3.2 Stoff- und Energiebilanz).

Das grundsätzliche Ablaufschema für den Teil Vorbruch sieht wie folgt aus:

Fließbild zum Aufbereitungsprozess im Steinbruch Mönshheim (Vorbruch)



2.3 Umsetzung des Vorhabens

Basierend auf den durchgeführten Versuchen im Vorfeld wurden im Rahmen der Planungsphase unterschiedliche Ansätze zur Umsetzung der Mischanlage erörtert. Die Konzeption unter Nutzung der vorhandenen Mischanlage mit entsprechenden Umbauten wurde dabei aus statischer und aufwandsseitiger Sicht geprüft und stellte sich gegenüber einem Neubau als wirtschaftlichste Lösung dar.

Im Zuge der Planung wurde die notwendige Ertüchtigung der Anlage aufgrund von geänderten statischen und dynamischen Lasten (ein großer, zentral platzierter Doppelwellenmischer statt zuvor zwei kleinere Teller mischer, Vor- und Nachbehälter auf den Bühnenebenen) untersucht und entsprechende Berechnungen und Ausführungspläne erstellt. Weitergehend musste ein zusätzliches Förderband für die Zuführung eingefügt sowie für die Rückführung auf die benötigte Abwurfhöhe im Bestand eine Teilung des Förderbandes und der vorhandenen Tragkonstruktion für das Förderband sowie die Einbindung eines Umlenktores berechnet und planerisch berücksichtigt werden.

Von den wesentlichen Lieferanten wurden bereits in der Planungsphase Angebote eingeholt und verglichen, weiterhin benötigte Zulieferteile und Dienstleistungen wurden jeweils erfasst und die Beschaffung vorbereitet. Zur Vermeidung von Kollisionen wurde von der Anlage ein 3D-CAD-Modell erstellt.

In der Bauphase wurden zunächst die Fundamente gemäß den statischen Vorgaben und nach Freigabe durch den Prüfenieur erstellt. Anschließend konnte der Stahlbau errichtet sowie der Mischer und alle weiteren Bauteile eingebaut werden. Aufgrund des zusätzlichen elektrischen Leistungsbedarfes und der zusätzlichen Schaltschränke für die Leistungsteile und die Steuerung der Mischanlage wurde das bestehende Schaltschrankgebäude erweitert, um einen neuen Transformator sowie die neuen Schaltschränke unterzubringen.

Die Bauphase konnte mit Ausnahme einiger kleinerer Arbeiten und der Anbringung der Verkleidung mit Sandwichelementen zur Reduzierung von Schall- und Staubemissionen bis Ende März 2016 abgeschlossen werden. Parallel dazu wurde bereits die Verkabelung der Anlage vorgenommen, so dass die Drehrichtungsprüfung und die ersten Probeläufe im April stattfinden konnten. Ab Mai 2016 wurde die Anlage in weiteren Testläufen nahe am produktiven Regelbetrieb gefahren, um insbesondere auch Erfahrungswerte hinsichtlich der benötigten Branntkalkmenge in Abhängigkeit von der Materialfeuchte zu ermitteln. Am 4. Juni 2016 wurde das Vorhaben und die Anlage gemeinsam mit dem Industrieverband Steine und Erden Baden-Württemberg dem Fachpublikum vorgestellt und von Herrn Ministerialdirigent Martin Eggstein aus dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg im Rahmen der Nachhaltigkeitstage 2016 in Betrieb genommen.

2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Der Steinbruchbetrieb in Mönshheim wird auf Basis von immissionsschutzrechtlichen Genehmigungen unter der Zuständigkeit des Landratsamt Enzkreis, Pforzheim, Umweltamt, betrieben. Aufgrund der wesentlichen Änderung der Aufbereitungsanlage in Verbindung mit der Errichtung von Baulichkeiten, die aufgrund der Konzentrationswirkung innerhalb der immissionsschutzrechtlichen Genehmigung abgehandelt werden, wurde für das Vorhaben ein Antrag auf Änderungsgenehmigung im vereinfachten Verfahren gemäß § 16 BImSchG gestellt. Dieser wurde aufgrund der Lage im Außenbereich auch im Gemeinderat der Gemeinde Mönshheim hinsichtlich des Einvernehmens gemäß § 35 BauGB behandelt und erhielt nach Vorstellung des Vorhabens die Zustimmung. Mit Entscheidung vom 21. Juli 2015 wurde die Änderungsgenehmigung für die Errichtung der Mischanlage erteilt (und ebenfalls die für die mitbeantragte, dem Vorhaben nicht zugehörige Errichtung eines Puffersilos zwischen Vor- und Nachbruch).

In den Auflagen der behördlichen Entscheidung sind vor allem die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen an den Förderbändern aufgeführt, welche zur Sicherung des Arbeitsschutzes entsprechend umgesetzt wurden.

Aus baufachlicher Sicht wurde neben der Bestellung eines geeigneten Bauleiters und der Abnahme des Schnurgerüsts durch einen Vermessungsingenieur die Prüfung der statischen Unterlagen und Pläne gefordert. Alle Punkte wurden auflagengemäß erfüllt, die Schlussabnahme erfolgt durch die untere Baubehörde.

2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Im Materialfluss werden die Betriebsdaten der einzelnen Teilbereiche wie folgt ermittelt:

Gewinnung:

Betriebsstunden des Gewinnungsbaggers sowie des Muldenkippers auf monatlicher bzw. täglicher Basis

Förderung zur Branntkalkmischanlage:

Mengenerfassung über eine nicht geeichte Bandwaage (Kontrollwaage für den chargenweisen Wechsel des Vorbehälters bei Erreichen der festgelegten Füllmenge) mit kumulativer Protokollierung.

Feuchtemessung zur Anpassung der Branntkalkmenge bzw. der Füllmenge der Vorbehälter

Produktionsmenge nach Vorbruch:

Mengenerfassung über eine nicht geeichte Bandwaage (Kontrollwaage) mit kumulativer Protokollierung

Verlademenge:

Mengenerfassung über Verwiegung der ausgehenden Materialmengen per LKW über eine geeichte Brückenwaage (für Produktionsmenge ist die Bestandsmenge zu berücksichtigen)

Energieaufwand:

Energieträger Strom:

Auswertung des monatlichen Stromverbrauchs sowie der viertelstündlich vorliegenden Lastgangdaten

Energieträger Diesel:

Monatliche, fahrzeugbezogene Auswertung des Dieserverbrauches anhand der Tankabgaben

3 **Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung**

3.1 Bewertung der Vorhabendurchführung

Das Vorhaben konnte erfolgreich umgesetzt werden, wobei es aufgrund von zeitlichen Verschiebungen im Bereich des Stahlbaus aufgrund von gegenseitig abhängigen Anpassungen und krankheitsbedingten Ausfällen zu einer Verschiebung des Zeitplanes um rund einen Monat kam. Somit konnte die Anlage statt wie geplant Mitte März erst in der zweiten April-Hälfte 2016 in die Probeläufe gehen.

Entgegen der ursprünglichen Planung musste aufgrund des zusätzlichen Leistungsbedarfes der bestehende elektrische Betriebsraum am Vorbruch erweitert werden, um einen zusätzlichen Transformator und die Schaltschränke mit den Leistungs- und Steuerungseinheiten unterzubringen. Die gesamte Steuerung inklusive der notwendigen SPS-Programme führte entgegen der ursprünglichen Planung zu höheren Aufwendungen, die jedoch durch geringere Ausgaben für Fundamente, Mischtechnik und Stahlbau weitgehend kompensiert werden konnten.

3.2 Stoff- und Energiebilanz

Vor Projektbeginn fand eine Berechnung des theoretischen Einsparpotentials statt, auf dessen Basis das Entlastungspotential hinsichtlich des Rohstoffeinsatzes, des Energieaufwandes und der Treibhausgasemissionen berechnet und die Wirtschaftlichkeit nachgewiesen wurde.

Diese Berechnung wurde nach Umsetzung des Projektes im Vergleich der tatsächlichen Werte für das Jahr 2015 (absolute Zahlen) mit einer Hochrechnung für das Jahr 2016 basierend auf den tatsächlichen Werten aus den ersten Betriebsmonaten Mai, Juni und Juli 2016 verglichen (siehe nachfolgend die Stoff- und Energiebilanz). Zu berücksichtigen sind hierbei Ungenauigkeiten aufgrund von unterschiedlichen Verhältnissen durch schwankende Abbau- und Produktionsmengen, veränderliche Abbaubedingungen innerhalb der kleinräumig wechselnden Geologie und Materialbeschaffenheit sowie Witterungseinflüsse. Dennoch ergeben sich bei den tatsächlichen Werten annähernd die berechneten Entlastungen: Der Rohstoffeinsatz sinkt durch den innovativen Prozess bezogen auf die normierte Jahresproduktionsmenge von 364.356 t um rund 130.000 t, entsprechend ca. 25 %. Angenommen wurde eine Reduzierung von knapp 30 % bei einer Rohstoffeffizienz im bestehenden Prozess von 65 %, welche jedoch im Jahr 2015 bei rd. 70 % lag, was vermutlich auf die trockene Witterung und die damit einhergehende geringere Lehm-Anhaftungsproblematik zurückzuführen ist. Mit einer Rohstoffeffizienz von rd. 93 % in 2016 ergibt sich auf Grundlage der Erfahrungswerte aus der Vergangenheit mit 65 % Rohstoffeffizienz der berechnete Wert.

Der zugehörige Energieeinsatz sinkt pro Jahr um 89 t Diesel und 235.000 kWh Strom, unter Berücksichtigung des Energieaufwandes für den zusätzlich eingesetzten Branntkalk ergibt sich eine Reduzierung des Energieaufwandes um rund 17 % (angenommen 19 %).

Neben der am Standort gegebenen Situation (s. Ausgangssituation) ergibt sich bei ähnlichen Lagerstättenverhältnissen zur Erreichung einer ähnlich hohen Rohstoffeffizienz die Notwendigkeit, das Vorsiebmaterial durch Wasserzugabe aufzuweichen und unter mechanischer Beanspruchung die Lehmteile vom Kalksteinmaterial zu lösen (im folgenden „Waschprozess“ genannt). Das verbleibende Wertgestein ist nachfolgend zu entwässern, während das stark lehmhaltige Waschwasser in einem Prozesswasserkreislauf eingedickt wird, um einen ausreichend entwässerten und ablagerungsfähigen Schlamm zu erhalten. Dieser wird üblicherweise mittels Radlader und LKW abgefahren und in wechselnd eingesetzte Absetzbecken verbracht, um die Versickerung des Restwassers zu erreichen. Das Waschverfahren war bisher das Verfahren mit dem an anderen Standorten über mechanische Prozesse hinaus Verschmutzungen des Wertgesteins reduziert werden konnten und so die Rohstoffausbeute erhöht wurde. Unter diesen Annahmen wurde das Waschverfahren in die folgenden Betrachtungen zu den erreichten Umweltentlastungen mit einbezogen. Der innovative Branntkalk-Prozess benötigt gegenüber dem Waschprozess bei annähernd gleichem Rohstoffaufwand rund 19 % weniger Energie (der Energieeinsatz für die Branntkalkherstellung ist hierbei berücksichtigt). Aufgrund des Entfalls des Branntkalkesatzes beim Waschprozess werden die energiebedingten zusätzlichen Treibhausgasemissionen annähernd kompensiert, so dass diese ungefähr gleichauf zum Branntkalk-Prozess liegen.

3.3 Umweltbilanz

Aus der Stoff- und Energiebilanz ergeben sich die umweltbezogenen Einsparpotentiale. Die Rohstoffeffizienz erhöht sich durch den Branntkalk-Prozess am Standort Mönshheim auf über

90 % (zuvor nur ca. 65 - 70 %, da das Waschverfahren am Standort nicht einsetzbar war), der Rohstoffeinsatz verringert sich zur Ausgangslage somit um rund 25 %, entsprechend 130.000 t/Jahr. Der Energieeinsatz reduziert sich um rund 17 % gegenüber der Ausgangslage und liegt um rd. 6.000 GJ/Jahr niedriger. Die Entlastung bei den Treibhausgasemissionen fällt aufgrund des Einsatzes von Branntkalk erwartungsgemäß eher gering aus, hier können nur rund 3 t/Jahr eingespart werden.

Der innovative Branntkalk-Prozess bringt im Vergleich mit dem Waschprozess einen Vorteil in der Rohstoffeffizienz, es werden bei gleicher Output-Menge ca. 10.000 t/Jahr (rd. 2 %) weniger Rohstoffe eingesetzt. Der innovative Branntkalk-Prozess benötigt gegenüber dem Waschprozess 6.892 GJ/Jahr (- 19 %) weniger Energie (der Energieeinsatz für die Branntkalkherstellung ist hierbei berücksichtigt). Ursache hierfür ist der hohe Energieaufwand beim Waschprozess für die Anlagentechnik mit Wäsche, Wasserförderung und Schlammaufbereitung und den einhergehenden zusätzlichen Fahrzeugen und Geräten. Die Treibhausgasemissionen liegen bei beiden Prozessen ungefähr gleich auf, bedingt durch die CO₂-Emissionen des Branntkalk beim innovativen Prozess im Verhältnis zum höheren Energieaufwand beim Waschprozess.

Beim Waschprozess zu berücksichtigen ist zusätzlich die notwendige Verfügbarkeit von entsprechenden Wassermengen (insbesondere aufgrund der Frischwasserverluste) sowie ausreichender Platz für die Absetzbecken, um die Schlammabsetzung durchführen zu können.

3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Aus den ermittelten Werten können die jährlichen wirtschaftlichen Einsparpotentiale durch den innovativen Prozess wie folgt ermittelt werden:

Einsparung Energiekosten:

Reduzierung Menge Diesel-Kraftstoff	- 106.800 Liter * 0,90 €/Liter	= - 96.120 €
Reduzierung Strommenge	- 235.000 kWh * 0,20 €/kWh	= - 47.000 €

Einsparung Personalkosten:

Reduzierung Betriebsstunden in der Gewinnung von 140 auf 91 Stunden pro Monat
 Betrifft 2 Maschinenführer und 1 Anlagenführer = 3 Mitarbeiter
 3 MA * 49 Stunden pro Monat * 12 Monate * 36 €/h = - 63.504 €

Zukauf Branntkalk	900 t * 100 €/t	= + 90.000 €
-------------------	-----------------	--------------

Gesamteinsparung pro Jahr: 116.624 €

Die Gesamtkosten der Investition (inklusive Planung) von 839 T€ abzüglich des gewährten Investitionszuschusses von 150.000 € ergeben eine Amortisationszeit von ca. 6 Jahren.

Bei einer AfA-Dauer von 8 Jahren auf die Gesamtinvestition abzgl. Zuschuss ergibt sich ein jährlicher Überschuss in Höhe von 30.430 € in den ersten 8 Jahren, so dass die Rentabilität des Vorhabens gegeben ist.

Der innovative Branntkalkprozess liegt bei den jährlichen Kosten aufgrund der niedrigeren Energie-, Maschinen- und Personalkosten trotz dem nötigen Zukauf von Branntkalk um rd. 137.000 € unter den jährlichen Kosten beim Waschprozess. Beim Waschprozess entstehen zusätzlich Abgaben für die Wasserentnahme sowie höhere Wartungskosten an den jeweiligen Maschinen und Anlagen, die hierbei noch nicht berücksichtigt wurden.

3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Der Einsatz eines fest in den Aufbereitungsprozess eingebundenen Mischers, welcher mit entsprechender Zugabe von Branntkalk im regulären Produktionsprozess läuft, wird bei diesem Vorhaben erstmalig in Deutschland eingesetzt. Ein ähnliches Verfahren wird im Ausland genutzt, jedoch mit einem anderen Mischer (Durchlaufmischer) und anderen Rahmenparametern. Gegenüber dem innovativen Branntkalk-Prozess ist aktuell entweder die Ausgangslage in Mönshheim ohne weitergehende Vorsiebaufbereitung und entsprechend hohen nicht verwertbaren Rohstoffanteil oder - abhängig vom Rohstoffvorkommen und den Rahmenbedingungen vor Ort - eine Materialwäsche in einem Waschprozess Stand der Technik. Mit dem Waschprozess kann im Vergleich zum Branntkalk-Prozess eine vergleichbare Rohstoffeffizienz erreicht werden. Der Waschprozess erfordert jedoch sowohl einen deutlich höheren Energie-, Maschinen- und Personalaufwand als auch die Verfügbarkeit von ausreichenden Wassermengen und Platz für Absatzbecken.

Die innovative Neuerung am gewählten Verfahren ist die Nutzung eines robusten Doppelwellenchargenmischers. Dieser ermöglicht einerseits die Durchmischung des Materials mit dem zugegebenen, gering dosierten Branntkalk während einer definierten Mischzeit, welche die nötige Reaktionszeit des Materials mit dem Branntkalk zur Antrocknung und Ablösung der Lehmbestandteile für eine spätere Absiebung sicherstellt. Andererseits weist er die nötige Mischkraft auf, um die mechanische Bearbeitung des Materials mit den Mischwerkzeugen herbeizuführen und damit die tatsächliche Ablösung der Anhaftungen auszulösen. Die Vorteile dieses Verfahrens konnten in der praktischen Umsetzung nachgewiesen werden.

4 Übertragbarkeit

4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Im Rahmen der Praxiseinführung kam es zu keinen negativen Überraschungen. Insgesamt verlief die Umsetzung und Ingangsetzung durchweg positiv. Eine genaue Kostenplanung im Vorfeld gestaltet sich aufgrund von unvorhersehbaren Änderungen schwierig, im vorliegenden Vorhaben musste zwischen den geplanten Kostenpositionen eine Verschiebung vorgenommen werden, die jedoch die Gesamtsumme nicht beeinflusst hat.

4.2 Modellcharakter/Übertragbarkeit

Innerhalb der Branche sind viele Unternehmen bekannt, die mit Lehmanhaftungen und anderen „Fremdstoffen“ im Rohmaterial konfrontiert sind. Viele dieser Unternehmen leben entweder mit der dadurch entstehenden hohen Ausschussrate im Vorsiebmaterial oder nutzen einen Waschprozess mit Materialwäsche und entsprechendem Aufwand.

Die Vorteile des innovativen Branntkalk-Mischprozesses liegen im geringeren Energieaufwand und dem geringeren Ressourcenbedarf. Durch die resultierenden

Einsparungen können die Investitionen kompensiert werden, so dass nach Prüfung der Umsetzbarkeit, auch hinsichtlich der benötigten Branntkalkmenge im jeweiligen Einzelfall, eine Umsetzung mit überschaubarer Amortisationszeit erfolgen kann.

Das dargestellte innovative Verfahren funktioniert für die Ablösung von bindigen Lehmanteilen und kann auf andere Anwendungsfälle in der Branche übertragen werden, so dass von einer möglichen Anlagenanzahl von ca. 20 in Deutschland und entsprechend ca. 50 in Europa ausgegangen werden kann.

5 Zusammenfassung

- Einleitung

Die MSW Mineralstoffwerke Südwest GmbH & Co. KG ist ein mittelständisches Unternehmen in der Steine- und Erden-Industrie mit Sitz in Stuttgart und betreibt am Standort Mönshheim einen Steinbruch zum Abbau des oberen Muschelkalk, der zu Baustoffen insbesondere für den Straßenbau, Tiefbau und die Asphaltproduktion aufbereitet wird.

Das abgebaute Muschelkalkmaterial enthält einen relativ hohen Lehmanteil, weshalb das gewonnene Rohmaterial vor der ersten Brechstufe bei 120 mm über einen Rollenrost abgesiebt wird und nur in seltenen Fällen (trocken Witterung) teilweise in die Produktion zurückfließt. Durch den hohen Anteil an rückgeführtem Material entsteht zusätzlicher Aufwand für den Transport und Einbau der überschüssigen, nicht verwertbaren Materialmengen. Da am Standort keine ausreichende bzw. wirtschaftlich vertretbare Wasserversorgung besteht, wurde eine alternative Methode zur Nutzbarmachung des steinhaltigen, jedoch lehmhaltigen Vorsiebmaterials gesucht, um den Ressourcenverbrauch zu verringern.

- Vorhabenumsetzung

Ziel ist die Aufbereitung des Vorsiebmaterials bis 120 mm, so dass nach einer Absiebung bei 16 mm der Anteil von 16 bis 120 mm vollständig in den Produktionsprozess zurückgeführt werden kann. Dadurch soll sich der Ressourcenverbrauch bei der Rohstoffgewinnung um ca. 30 % reduzieren, die Rohstoffausnutzung steigt somit von ca. 65 % auf über 90 %.

Dazu wird das am Vorbruch abgesiebte, lehmhaltige Vorsiebmaterial 0 bis 120 mm nicht mehr auf die einzelnen weiteren Siebschritte gefördert, sondern einer neu errichteten Branntkalk-Mischanlage zugeführt, und erst nach dem Mischprozess zurückgeführt und nur noch über einen (statt zwei) Rollenrost mit einem Trennschnitt bei 22 mm abgesiebt. Der nunmehr nur noch gering lehmhaltige Anteil von 22 bis 120 mm wird in die Produktion zurückgeführt.

Aus den Versuchen im Vorfeld war bekannt, dass die benötigte Branntkalkmenge in Abhängigkeit von der Materialfeuchte um 0,8 Prozent liegt (Schwankungsbreite zwischen 0,5 und 1,5 %), jedoch die Mischzeit wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis hat. Dies liegt zum einen in der benötigten Verweilzeit, um die Ablöschreaktion mit dem Branntkalk auszulösen, zum Anderen dient der Mischvorgang auch der Reibung des Materials aneinander, um die nunmehr angetrockneten Lehmanhaftungen durch mechanischen Krafteintrag zu lösen. Die optimale Mischzeit wurde mit 90 Sekunden ermittelt, so dass sich eine Gesamtdauer pro Charge von 120 Sekunden ergibt (15 sec. Befüllen des Mixers, 90 sec. Mischen, 15 sec. Entleeren). Pro Stunde können somit 30 Mischzyklen gefahren werden, die theoretische

Füllmenge ergibt sich bei 240 t/h mit 8 t Vorsiebmaterial zuzüglich im Mittel 64 kg Branntkalk pro Mischung. Bei einer angenommenen Wichte von 1,75 t/cbm des Vorsiebmaterials wurde die Größe des eingesetzten Doppelwellen-Chargenmischers mit einem Füllvolumen (Trockenfüllung) von 6 cbm gewählt (DKXS 4,50).

Entsprechend dieser Auslegung wurden zwei Vorbehälter vor dem Mischer mit einer Kapazität von jeweils 10 t sowie ein Nachbehälter für ca. 15 t vorgesehen, um den Chargenbetrieb des Mischers in den kontinuierlichen Materialfluss einzubinden.

- **Ergebnisse**

Der Rohstoffeinsatz sinkt durch den innovativen Prozess bezogen auf die normierte Jahresproduktionsmenge von 364.356 t um rund 130.000 t, entsprechend ca. 25 %. Daraus resultiert eine Rohstoffeffizienz von rd. 93 %. Der zugehörige Energieeinsatz sinkt pro Jahr um 89 t Diesel und 235.000 kWh Strom, unter Berücksichtigung des Energieaufwandes für den zusätzlich eingesetzten Branntkalk ergibt sich eine Reduzierung des Energieaufwandes um rund 17 %.

Die Gesamtkosten der Investition (inklusive Planung) von 839 T€ abzüglich des gewährten Investitionszuschusses von 150.000 € ergeben eine Amortisationszeit von ca. 6 Jahren.

Bei einer AfA-Dauer von 8 Jahren auf die Gesamtinvestition abzgl. Zuschuss ergibt sich ein jährlicher Überschuss in Höhe von 30.430 € in den ersten 8 Jahren, so dass die Rentabilität des Vorhabens gegeben ist.

- **Ausblick**

Im Rahmen der Praxiseinführung gab es keine negativen Überraschungen kam. Insgesamt verlief die Umsetzung und Inbetriebnahme durchweg positiv.

Innerhalb der Branche sind viele Unternehmen bekannt, die mit Lehmanhaftungen und anderen „Fremdstoffen“ im Rohmaterial konfrontiert sind. Viele dieser Unternehmen leben entweder mit der dadurch entstehenden hohen Ausschussrate im Vorsiebmaterial oder nutzen einen Waschprozess mit Materialwäsche und entsprechendem Aufwand.

Das dargestellte innovative Verfahren funktioniert für die Ablösung von bindigen Lehmanteilen und kann auf andere Anwendungsfälle in der Branche übertragen werden.

6 Summary

- Introduction

The MSW Mineralstoffwerke Südwest GmbH & Co. KG is medium-sized company, based in Stuttgart, active in the aggregates business, and operates at its Mönshheim location a quarry for the extraction of the upper shell limestone, which is processed into building materials – particularly for road construction, civil engineering and asphalt production.

Since the shell limestone material mined contains a relatively high clay content, the raw material removed before the first crushing stage (at 120 mm) is sieved using a roller grizzly and only in rare cases (dry conditions) partly flows back into the production process. Due to the high proportion of returned material, an additional workload is necessary for the transport and installation of the excess, non-recoverable quantities of material. Since no sufficient or economically viable water supply exists at the location, an alternative method has been sought for utilising the stony pre-screen material – albeit interspersed with clay, in order to lower the consumption of resources.

- Project implementation

The goal is the processing of the pre-screen material up to 120 mm, so that following sieving at 16 mm, the part from 16 to 120 mm can be returned completely into the production process. This should enable roughly a 30 % reduction of resource usage in the raw material extraction, with the raw material utilisation thereby increasing from approx. 65 % to over 90 %.

For this purpose, the pre-screen material (interspersed with clay before the crushing stage) sieved at 0 to 120 mm will no longer be forwarded to the further individual screening stages, but instead fed into a newly constructed burnt lime mixing plant, and only returned after the mixing process and only fed via one roller grizzly (instead of two) with a separation cut at 22 mm. The layer from 22 to 120 mm – now with only a low clay content – will be returned into the production process.

From the trials undertaken beforehand, it was known that – depending on the moisture content of the material – the amount of burnt lime required is in the region of 0.8 % (fluctuation margin between 0.5 and 1.5 %), although the mixing time also has a significant effect on the result. This is due, firstly, to the dwell time required in order to trigger the slaking reaction with the burnt lime, and, secondly, the mixing process also serves to grind the material by friction, in order to sever the now dried clay adhesions by the application of mechanical force. The optimal mixing time has been determined at 90 seconds, resulting in a total period of 120 seconds per batch (15 sec. to fill the mixing unit, 90 sec. mixing process, 15 sec. emptying). It is therefore possible to perform 30 mixing cycles per hour, with a theoretical filling quantity of 240 tons/hr with 8 tons of pre-screen material plus an average of 64 kg of burnt lime per mixing. With an assumed density of 1.75 tons/m³ of the pre-screen material, the size of the twin-shaft batch mixer used was selected with a filling volume (dry filling) of 6 m³ (DKXS 4.50).

In this interpretation, two pre-hoppers were earmarked upstream of the mixer – each with a capacity of 10 tons – as well as one surge bin for approx. 15 tons, in order to integrate the batch operation of the mixer into the continuous material flow.

- **Results**

Thanks to this innovative process, the raw material used is reduced – in relation to the standardised annual production volume – from 364,356 tons by some 130,000 tons, corresponding to a saving of approx. 25 %. This results in a raw material efficiency of about 93 %. The associated energy consumption drops annually by 89 tons of diesel and 235,000 kWh of electricity. Allowing for the energy input for the burnt lime additionally used, a reduction of energy costs amounting to some 17 % (19 % assumed) is achieved.

The total investment costs (including planning) of €839,000 – less the awarded investment grant of €150,000 – result in a payback period of approx. 6 years.

Given a 8-year depreciation period for the total investment – less the subsidy, this results in an annual surplus amounting to €30,430 in the first 8 years, thus establishing the viability of the project.

- **Outlook**

Without facing any negative surprises, the implementation and start-up proved successful in every respect.

There are numerous companies known in the industry, who are faced by clay adhesions and other “foreign substances” in the raw material. A large proportion of these companies either live with the high reject rate resulting in the pre-screen material or use a washing process to wash the material – involving corresponding effort.

The innovative process presented works for the removal of cohesive clay content and can be transferred to other applications in the industry.