



*Dr.-Ing. Hagen Müller
HAVER ENGINEERING GmbH
Freiberg/Deutschland
www.haverengineering.de*

Dr. Hagen Müller studierte an der TU Bergakademie Freiberg Maschinenbau mit einer Spezialisierung im Bereich Aufbereitungsmaschinen sowie Spezialtiefbau und Gewinnungsmaschinen. Danach promovierte er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Aufbereitungsmaschinen über Reinigungs- und Läuterprozesse zum Dr.-Ing. Anschließend arbeitete er im Bereich Forschung und Entwicklung bei HAVER Engineering Meißen. Seit Anfang 2015 ist er für den Bereich Betreiben in der HAVER Gruppe zuständig.

*Uwe Schridde
Betriebsleiter, Rump & Salzmann, Gipswerk Uehrde GmbH & Co. KG,
Werk Dorste
Osterode am Harz/Deutschland*

Testlauf • Test Run

Aufbereitung von stark verunreinigtem Rohgipshaldenmaterial mit dem HAVER Friction-Clean

Zusammenfassung: HAVER ENGINEERING GmbH Freiberg ist ein Tochterunternehmen der HAVER & BOECKER OHG. Die Tätigkeitsfelder des Unternehmens umfassen die Maschinen- und Prozessentwicklung sowie Anlagenauditierungen. Neu zum Portfolio hinzugekommen sind kundenindividuelle Fachschulungen im Bereich Aufbereitungstechnik sowie das Betreiben von HAVER Anlagen im Rahmen von BOT-Modellen. Der nachfolgende Beitrag wurde als Vortrag auf dem Symposium für Aufbereitungstechnik des Instituts für Aufbereitungsmaschinen der TU Bergakademie Freiberg am 6. März 2015 gehalten und stellt den HAVER Friction-Clean als eine neuentwickelte Maschine zum Reinigen von schwer löslichen Verunreinigungen vor. Weiterhin wird von ersten Betriebserfahrungen bei der Aufbereitung von Gipsrohgestein mit der HAVER Friction-Clean Pilotanlage im Steinbruch Dorste der Firma Rump & Salzmann berichtet.

Processing of heavy contaminated raw gypsum using the HAVER Friction-Clean

Summary: HAVER ENGINEERING GmbH, of Freiberg, is a subsidiary of HAVER & BOECKER OHG. The company's activities comprise machine and process development, and also machine/system auditing. New elements in its portfolio include custom-tailored specialist training courses in mineral processing and the operation of HAVER systems on the basis of Build – Operate – Transfer (BOT) models. The following article first appeared as a Paper presented at the Comminution And Screening symposium at the Institute for Mineral Processing Machines of the TU Bergakademie Freiberg on 6 March 2015, and focuses on the HAVER Friction-Clean, a recently developed machine for removal of poorly soluble impurities. Initial experience in the processing of raw gypsum using the HAVER Friction-Clean pilot installation at Rump & Salzmann's Dorste quarry is also reported.



1 Haldenmaterial im Steinbruch Dorste • Spoil heap material at the Dorste quarry

1 Einleitung

Genehmigungsverfahren für den Neuaufschluss von Steinbrüchen sind sehr langwierig, kompliziert und mit einem hohen Kostenaufwand verbunden. Daher liegt es im Interesse des Steinbruchbetreibers, die eigenen Vorkommen vollständig zu nutzen und dabei auch minderwertige Qualitäten aufzubereiten. Eine weitere Möglichkeit für die Laufzeitverlängerung von Steinbruchbetrieben besteht in der Nutzung und Aufbereitung von Abraumhalden, um die darin befindlichen Wertstoffe einer wirtschaftlichen Nutzung zuzuführen.

Die Firma Rump & Salzmänn betreibt in Südniedersachsen einen Gipssteinbruch und praktiziert diese Vorgehensweise bereits seit dem Jahr 2000. Zunächst wurde versucht, mit dem Einsatz von unterschiedlichen Siebmaschinen Abraumbestandteile von Rohsteinen zu trennen. Jedoch verhinderten insbesondere bei Regen bindige, klebrige Bestandteile eine sichere Betriebsweise. Auch die vorhandene Waschanlage erreichte bei stark verunreinigten Materialien ihre Leistungsgrenze.

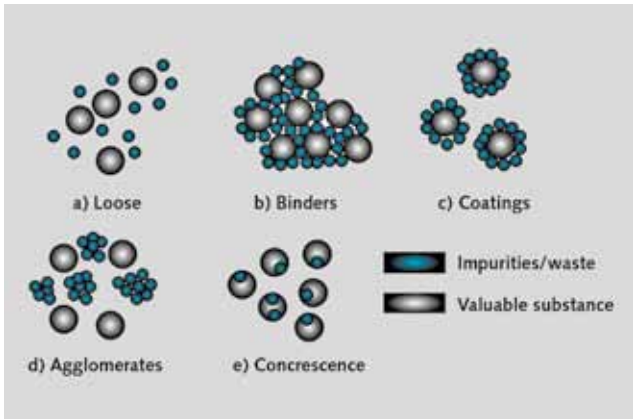
Speziell für diese Einsatzfälle hat HAVER Engineering den HAVER Friction-Clean entwickelt. Mit Unterstützung von Rump & Salzmänn wurde im Steinbruch Dorste eine Friction-Clean Pilotanlage zum Aufbereiten schwer verunreinigter Materialien aufgebaut. Die während der Versuchsreihen erzielten Ergebnisse sollen im Folgenden vorgestellt werden.

1 Introduction

Approval processes for new and expanded quarries are extremely lengthy, complicated and costly. It is therefore in the quarry operator's interests to exploit to the full his existing deposits, and to also process "inferior" grades. A further potential for extending the productive life of quarries can also be found in the excavation and preparation of spoil heaps, with the aim of routing the useable materials ("values") which they contain for rational economic utilisation.

Rump & Salzmänn operates a gypsum quarry in southern Lower Saxony, and has been applying this procedure since as long ago as the year 2000. Initially, attempts were made to separate spoil from useable lump gypsum using a range of different mechanical screens. Cohesive and sticky constituents hindered reliable operation, particularly in wet weather, however. The existing washing system also reached its performance limits when heavy contaminated materials were fed.

HAVER Engineering has developed the HAVER Friction-Clean specifically for such applications. With support from Rump & Salzmänn, a pilot Friction-Clean system for the preparation of severely adulterated materials was installed at the Dorste quarry. The results obtained during the succeeding series of tests are examined below.



Quelle/Source: HAVER-ENGINEERING GmbH

2 Bindungsformen der Störstoffe im Haufwerk
Forms of waste bonding in the mixture of solid particles

2 Grundlagen zu Läuterprozessen

Das in Bild 1 dargestellte Haldenmaterial ist ein typisches Beispiel für ein Haufwerk, dessen Nutzung derzeit nicht wirtschaftlich möglich ist. Das Haufwerk wird dabei als 2-Komponenten-System, bestehend aus dem Wertstoff (Gipsrohgestein) und dem Störstoff (tonig-lehmige Feinanteile < 63 µm), aufgefasst. Die Aufgabe der Reinigungsprozesse besteht darin, den Störstoff in geeigneter Weise vom Wertstoff zu trennen, ohne dabei den Wertstoff zu zerstören. In Abhängigkeit der Genese können die Störstoffe in Form von Agglomeraten, als Bindemittel oder Überzüge bzw. lose und ferner als Verwachsung im Haufwerk vorliegen (Bild 2).

Allgemein lassen sich Reinigungsprozesse als Verfahren definieren, welche einen Aufschluss von Bindungen zwischen Stoffgruppen und deren anschließende Trennung zum Ziel haben. Läuterprozesse stellen eine Untergruppe der Reinigungsprozesse dar und setzen sich aus den zwei Teilprozessen „Beanspruchen“ und „Trennen“ zusammen. Zum Beanspruchen wird dem Auf-

2 Basic principles of washing processes

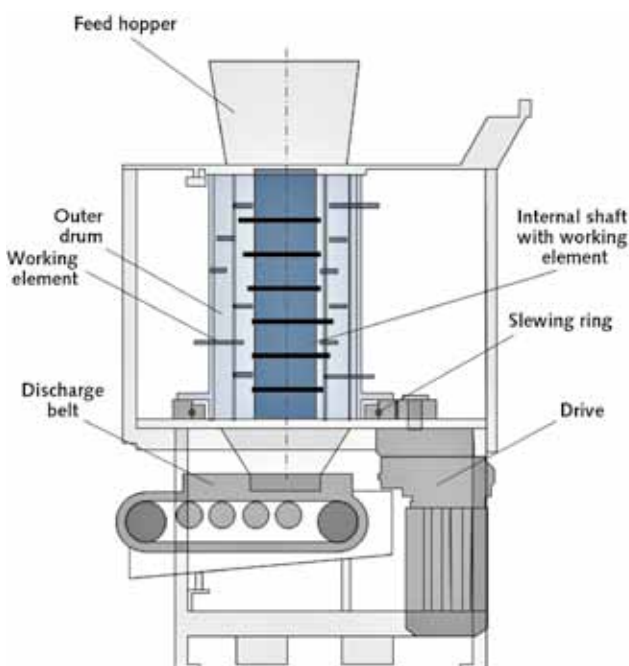
The spoil heap material shown in Fig. 1 is a typical example of a mixture of solid particles, utilisation of which is currently not economically rational. This mixture of solid particles is conceived here as a two-component system, consisting of the useful material, or “value” (crude raw gypsum), and the waste (clayey-loamy fines fractions of < 63 µm). The function of the necessary cleaning processes is that of suitably separating the waste from the value, without disintegrating the value in the process. The waste may be present, depending on origin, in the form of agglomerates, as binders or coatings, in loose form, or as concrecences in the mixture of solid particles (Fig. 2).

Cleaning processes can, in general, be defined as procedures which are intended to break the bonds between substance groups and subsequently separate them. Washing processes are a subgroup of the cleaning processes, and are composed of the two sub-processes of “exposure to mechanical stress” and “separation”. In “exposure to mechanical stress”, energy is added to the feed material, in order to break the bonding forces between the value and the waste. Energy is applied either hydraulically or mechanically. The addition of water causes the fines fractions to disperse, and these can then be separated. Both of these sub-processes can be implemented either in a single machine, or in two independent process stages.

The effectiveness of exposure to mechanical stress is influenced by the two factors of duration and intensity. The duration of exposure to mechanical stress in the process chamber is regulated primarily by its length (e.g. log washers) or by corresponding extraction elements (e.g. Hydro-Clean). Mechanical stress intensity is generally specified by the speed of rotation of the working element and the geometrical dimensions (working gap) of the system. The product of mechanical stress intensity and mechanical stress duration is energy input. Together, these two influencing factors determine the quality of the washing process. The decisive element here is the product of the two factors, i.e., their coordination or interaction, with the aim of achieving non-disintegrating preparation for the value. Minima for both factors are necessary to achieve optimum washing quality; magnitude and duration of intensity can be interchanged with one another only to a certain extent, however.

3 Structure and mechanism of action of the HAVER Friction-Clean

The structure of the HAVER Friction-Clean is shown in schematic form in Fig. 3. The central element is the vertical rotating outer drum. This is carried on a slewing ring and driven by means of a pinion. Working elements, the number of which can be varied, are distributed at multiple levels around the periphery of the drum. A stationary shaft fitted with special working elements is located in the interior of the drum. A working gap, in which the feed material is subjected to intensive mechanical stress, can be found between these two components. Stress intensity can be adjusted to match feed-material properties by varying drum speed (10 to 45 rpm) and the number of working elements on the drum’s periphery. Stress duration, or the retention time of the material in the process chamber, is regulated by means of discharge belt speed. Stress intensity and stress duration can thus be optimally matched to the properties of the feed material.

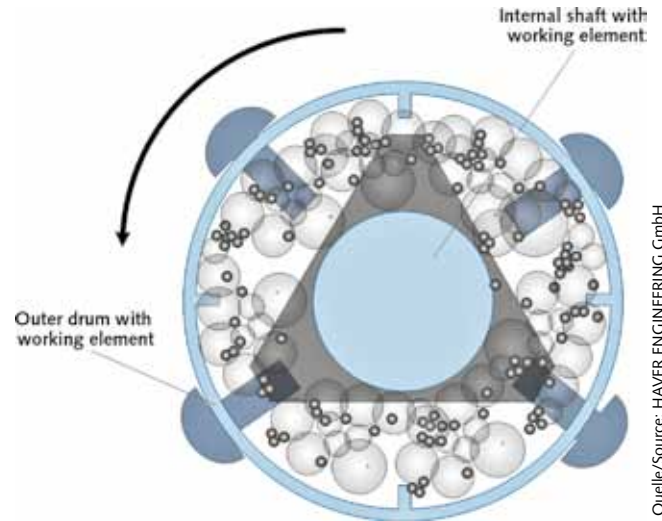


Quelle/Source: HAVER-ENGINEERING GmbH

3 Prinzipskizze HAVER Friction-Clean
Diagram in principle of the HAVER Friction-Clean

gabematerial Energie zugeführt, um die Bindungskräfte zwischen Wertstoff und Störstoff aufzulösen. Dies erfolgt in Form von hydraulischer oder mechanischer Energie. Durch Zugabe von Wasser dispergieren die Feianteile und können anschließend abgetrennt werden. Beide Teilprozesse können in einer Maschine realisiert werden oder in zwei getrennten Prozessstufen erfolgen.

Der Wirksamkeit der Beanspruchung wird durch die Faktoren Dauer und Intensität beeinflusst. Die Beanspruchungsdauer im Prozessraum wird dabei vorrangig durch dessen Länge (bspw. Schwertwäsche) oder durch entsprechende Abzugsorgane (bspw. Hydro-Clean) reguliert. Die Beanspruchungsintensität wird in der Regel durch die Drehzahl des Wirkorgans und den geometrischen Abmessungen (Arbeitsspalt) vorgegeben. Das Produkt aus Beanspruchungsintensität und -dauer ergibt den Energieeintrag. Zusammen sind beide Einflussgrößen maßgeblich für die Güte des Läuterprozesses verantwortlich. Entscheidend dabei ist das Produkt beider Größen, also deren Abstimmung bzw. Zusammenspiel, so dass eine wertstoffschö-



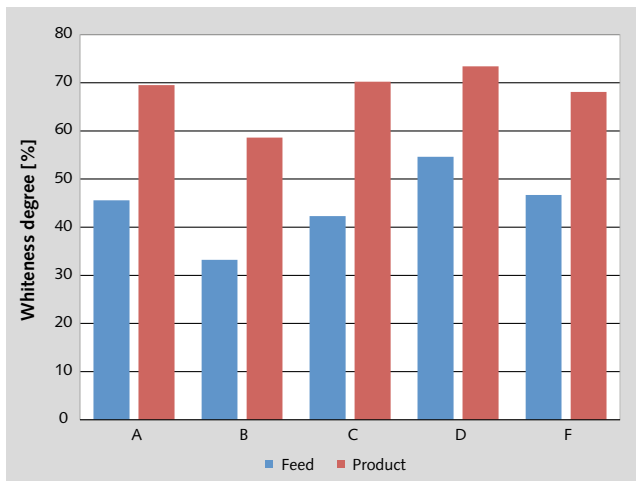
Quelle/Source: HAVER ENGINEERING GmbH

4 Schnittdarstellung HAVER Friction-Clean
Sectional view of the HAVER Friction-Clean



Quelle/Source: HAVER ENGINEERING GmbH

5 HAVER Friction-Clean Pilotanlage • The HAVER Friction-Clean pilot installation

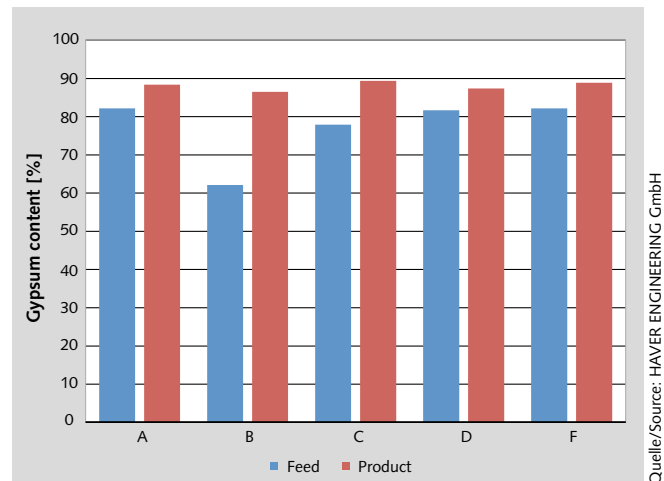


6 Entwicklung des Weißgrades während der Versuche
Plot of whiteness degree during the tests

nende Aufbereitung möglich ist. Für eine optimale Läutergüte sind Mindestwerte für beide Größen notwendig, wobei Intensitätshöhe und Intensitätsdauer nur bis zu einem gewissen Grad gegeneinander austauschbar sind.

3 Aufbau und Wirkungsweise des HAVER Friction-Clean

In Bild 3 ist der Aufbau des HAVER Friction-Clean schematisch dargestellt. Herzstück ist die senkrecht stehende, rotierende Außentrommel. Diese ist über eine Drehverbindung gelagert und wird durch ein Ritzel angetrieben. Über den Trommelumfang verteilt, sind in mehreren Ebenen Arbeitsorgane angeordnet, welche in ihrer Anzahl variiert werden können. Im Inneren der Trommel befindet sich eine starr stehende Welle, welche mit speziellen Wirkorganen besetzt ist. Zwischen beiden bildet sich ein Arbeitsspalt aus, in dem das



7 Entwicklung des Gipsgehaltes während der Versuche
Plot of gypsum content during the tests

The special arrangement of the internal working elements assures forced conveyance of the feed material through the machine's process chamber, and eliminates the formation of dead zones. The various working elements are made of wear-resistant material. Recesses in which material can accumulate and form a "autogenous" wear protection layer are also located in the drum.

The advantage of the rotating outer drum (Fig. 4) over conventional systems featuring a rotating shaft or agitator arm (turbo washers and clay grinders, for example) can be found in the more intensive stress applied. Thanks to the outer drum, more particles are, in each case, in direct contact with the working tool (the drum) than would be possible using a shaft or an agitator arm. The particles accelerated by the rotation

Tabelle 1: Bodenmechanische Charakterisierung der Aufgabematerialien
Table 1: Soil-mechanical characterisation of feed materials

	Einheit/ Unit	Material				
		A	B	C	D	F
Fließgrenze w_L / Liquid limit w_L	[-]	19,9	30,41	30,75	27,55	20,26
Ausrollgrenze w_p / Plastic limit w_p	[-]	13,5	15,33	13,93	13,2	13,93
Plastizitätszahl I_p / Plasticity index I_p	[%]	6,42	15,08	16,82	14,35	6,33
Korngrößenbereich/ Particle-size range	[mm]	0...16	0...90	0...90	0...60	0...32

Tabelle 2: Maschinentechnische Kennwerte für die unterschiedlichen Aufgabematerialien
Table 2: Mechanical-engineering characteristics for the various feed materials

	Einheit/ Unit	Material				
		A	B	C	D	F
Durchsatz/Feed rate	[t/h]	11	10	10	11	11
Spez. Wasserbedarf FC/ Spec. water demand FC	[m ³ /t]	0,06	0,08	0,07	0,06	0,06
Spez. Arbeitsbedarf/ Spec. energy requirement	[kWh/t]	0,4	0,7	0,8	0,6	0,55

Aufgabematerial intensiv beansprucht wird. Durch Variation der Trommeldrehzahl (10 bis 45 U/min) und Anzahl der Arbeitsorgane im Trommelumfang kann die Beanspruchungsintensität entsprechend der Aufgabematerialeigenschaften angepasst werden. Die Beanspruchungsdauer bzw. Verweilzeit des Materials im Prozessraum wird über die Bandabzugsgeschwindigkeit gesteuert. So lassen sich Beanspruchungsintensität und Beanspruchungsdauer optimal auf die Aufgabematerialeigenschaften abstimmen.

Durch die spezielle Anordnung der inneren Wirkorgane wird eine Zwangsförderung des Aufgabematerials durch den Prozessraum der Maschine gewährleistet und die Bildung von Totzonen vermieden. Die verschiedenen Arbeitsorgane sind aus verschleißfestem Material gefertigt. In der Trommel befinden sich Taschen, in denen sich Material als autogener Verschleißschutz anlagern kann.

Der Vorteil der rotierenden Außentrommel (**Bild 4**) gegenüber herkömmlichen Systemen mit rotierender Welle oder Rührarm (beispielsweise Turbowasher oder Tongrinder) liegt in der intensiveren Beanspruchung. Durch die Außentrommel sind jeweils mehr Partikel im direkten Kontakt mit dem Arbeitswerkzeug (Trommel), als es mit einer Welle bzw. Rührarm möglich wäre. Die durch die Trommelrotation beschleunigten Partikel geben einen Teil ihrer Relativgeschwindigkeit an die benachbarten Partikel ab, sodass sich zwischen den Partikel eine intensive Scher- und Reibbeanspruchung ausbildet. Der Füllungsgrad der Maschine beträgt 1, d.h. der gesamte Prozessraum wird ausgenutzt und ist mit Material gefüllt.

Der HAVER Friction-Clean kann sowohl im Nass- als auch im Trockenbetrieb eingesetzt werden. Im Nassbetrieb wird nur eine sehr geringe Menge Wasser im Bereich von 0,1 m³/t aufgegeben. Hierdurch wird die Reib- und Scherbeanspruchung intensiviert, da die schmierende Wirkung des Wassers minimiert wird [1]. Im reinen Trockenbetrieb konnten erste Erfahrungen beim Aufbereiten von Bauschutt gewonnen werden. Im Rahmen des Verbundprojektes „Aufschlussverfahren zur Trennung von Verbundkonstruktionen im Mauerwerksbau“ wurden Gipsputzanhafungen mit Hilfe des HAVER Friction-Clean vom Mauerwerk abgelöst. Die Gipsputzanhafungen konnten dabei unter Beibehaltung der kubischen Kornform erheblich reduziert werden [2]. Mögliche Einsatzbereiche stellen neben der klassischen Rohstoffaufbereitung, die Aufbereitung von Schlacken und Bauschutt und der Einsatz im Recyclingbereich dar. Der HAVER Friction-Clean wird durch die HAVER Niagara Münster vertrieben.

4 Versuchsdurchführung und Ergebnisse

In **Bild 5** ist der Aufbau der Versuchsanlage dargestellt. Der HAVER Friction-Clean ist auf einem Untergestell mit integrierter Nasssiebmaschine montiert. Die Materialzufuhr erfolgt über einen Aufgabebunker und Bandförderer, welcher durch einen Kompaktlader beschickt wird. Im Trichter wird dem HAVER Friction-Clean Wasser zum Maischen zugeführt, das anschließende Abtrennen der Störstoffe erfolgt auf der Nasssiebmaschine. **Tabelle 1** zeigt die unterschiedlichen Versuchsmaterialien und deren Klassifizierung anhand bodenmechanischer Kennwerte. Danach lassen sich die tonig-lehmigen Störstoffe als leicht plastische bis plastische Tone charakte-

risieren. Die maximale Aufgabegutkorngröße betrug während der Versuche 90 mm. Der Störstoffanteil beträgt bis max. 50 % und besteht analog der vorgenannten Störstoffdefinition in erster Linie aus Agglomeraten, Überzügen und Bindemittel.

Im Rahmen der Versuchsreihen wurden verschiedene Haldenmaterialien aus dem Steinbruch Dorste sowie aus umliegenden Gipssteinbrüchen untersucht. Dabei wurden Reinigungsleistung und Durchsatz der Maschine bei unterschiedlichen Betriebszuständen getestet. Die Beurteilung der Produktqualität von Läuterprozessen kann anhand der Läutergüte erfolgen. Sie berechnet sich aus dem Quotienten des Anteils der ausgewaschenen Feinanteile und der Gesamtmenge vorhandener Feinanteile im Aufgabegut. Die jeweiligen Anteile werden dabei über eine Nasssiebanalyse bestimmt [3]. Für die Gipsindustrie sind jedoch Weißgrad und Gipsgehalt wichtige Kennwerte für den Aufbereitungserfolg, daher werden im Folgenden diese zur Beurteilung der Reinigungsleistung herangezogen. Der Weißgrad stellt dabei eine Kennzahl für die Reinheit des Gipses dar und beschreibt dessen Reflexionsvermögen. Der Gipsgehalt gibt den $\text{Ca} [\text{SO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ -Gehalt der Probe an.

In **Tabelle 2** sind die maschinentechnischen Kennwerte für die unterschiedlichen Aufgabematerialien zusammengestellt. Der spezifische Arbeitsbedarf liegt in Abhängigkeit der Aufgabekorngröße zwischen 0,4 und 0,8 kWh/t. Durch die Erhöhung der Drehzahl lässt sich der Leistungseintrag erhöhen und beeinflusst auch die Reinigungswirkung der Maschine. Der Wasserbedarf ist mit 0,06 bis 0,08 m³/t sehr gering. Durch den geringen Wassereinsatz im HAVER Friction-Clean wird der Störstoffaufschluss in der Maschine intensiviert. Der Hauptwassereintrag erfolgt auf dem nachgeschalteten Waschsieb zum Abbrausen der Feinanteile.

Bild 6 und **Bild 7** zeigen die Entwicklung von Weißgrad und Gipsgehalt im Aufgabematerial und nach der Aufbereitung im HAVER Friction-Clean. So konnten während der Versuchsreihen beide Werte signifikant gesteigert werden. Beim Weißgrad konnten Steigerungsraten von max. 76 % und in Bezug auf den Gipsgehalt max. 39 % erreicht werden [4].

Während des 4-wöchigen Feldversuches konnte der HAVER Friction-Clean intensiv getestet werden. Das leistungsfähige Verfahren ermöglichte aus einem Abfallprodukt ein verkaufsfähiges Produkt zu gewinnen (**Bild 8**). Als nächster Schritt ist die Maßstabsübertragung auf eine 100 t/h Einheit geplant. Für die Unterstützung während der Versuche sei an dieser Stelle der Firma Rump & Salzmann, insbesondere Herr Uwe Schridde, herzlich gedankt.

Literatur • Literature

- [1] Schicht, E.: Vom Waschen mineralischer Rohstoffe; Steinbruch und Sandgrube 104 (2011) Nr. 7, S. 12-14
- [2] Landmann, M.; Seifert, G.: Aufschlussverfahren zur Trennung von Verbundkonstruktionen im Mauerwerksbau (Abschlussbericht IGF Vorhaben 16617BG). Weimar 2012
- [3] Müller, H.: Beitrag zur systematischen Untersuchung von Reinigungs- und Läuterprozessen, TU Bergakademie Freiberg, Dissertation, 2011
- [4] Förster, M.: Systematische Erprobung eines Prototypen zum Reinigen mineralischer Rohstoffe im Steinbruchbetrieb, TU Bergakademie Freiberg, Bachelorarbeit, 2013



8 Aufgabematerial (oben) und Fertigprodukt (unten) im Vergleich
Comparison of feed material (above) and finished product (below)

of the drum yield a portion of their relative velocity to the adjacent particles, with the result that intensive shearing and friction stress occurs between the particles. The machine's degree of filling is 1, i.e., the entire process chamber is used, and is filled with material.

The HAVER Friction-Clean can be used in both wet and dry mode. In wet mode, only an extremely small quantity of water, in the 0.1 m³/t range, is fed. This intensifies frictional and shearing stress, since the lubricating action of the water is minimised [1]. Initial experience in the preparation of building rubble has been gained in purely dry-mode operation. Adhering gypsum plaster was detached from masonry using the HAVER Friction-Clean in the context of the joint "Extraction process for separation of composite structures in masonry" project. It was possible here to significantly reduce adhering gypsum plaster while retaining the basic cubic particle geometry [2]. Potential applications, in addition to classical feed-material preparation, include processing of slags and building rubble, and other recycling applications. The HAVER Friction-Clean is marketed by HAVER Niagara, of Münster, Germany.

4 Performance of tests and results

Fig. 5 shows the structure of the test system. The HAVER Friction-Clean is mounted on a sub-frame with an integrated wet screen. Material is fed via a feed bunker and belt conveyor, which is itself fed by a skid-steer loader. Mixing water is fed to the HAVER Friction-Clean in the hopper, while subsequent removal of the waste takes place on the wet screen. **Table 1** shows the various test materials and their classification on the basis of soil-mechanical characteristics. The clayey-loamy waste can be characterised on this basis as slightly plastic to plastic clays. Maximum feed-particle size during these tests was 90 mm. Waste content is up to a maximum of 50 %, consisting primarily, in accordance with the above definition of waste, of agglomerates, coatings and binders.

Various spoil heap materials from the Dorste quarry and from nearby raw gypsum quarries were examined in the context of these series of tests. The cleaning performance and throughput of the machine were tested under various operating conditions. The quality of washing process products can be assessed on the basis of washing quality. This can be calculated from the ratio of the amount of fines fractions washed out and the total quantity of fines present in the feed material. The respective percentages are determined by means of wet-screening analysis [3]. For the gypsum industry, whiteness degree and gypsum content are also important characteristics indicating the success of preparation, and these are therefore also used for assessment of cleaning performance below. Whiteness degree is an indicator of the purity of the gypsum, and describes its reflectivity. Gypsum content states the $\text{Ca} [\text{SO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ content of the sample.

The mechanical-engineering characteristics data for the various feed materials are compiled in **Table 2**. Specific energy requirement is between 0.4 and 0.8 kWh/t, depending on feed-particle size. Power input can be increased by raising speed, and also influences the machine's cleaning performance. Water requirement is extremely low, at 0.06 to 0.08 m³/t. The limited use of water in the HAVER Friction-Clean intensifies waste breakdown in the machine. The main input of water takes place on the downstream washing screen for rinsing out of the fines fractions.

Fig. 6 and **Fig. 7** show the plot of whiteness degree and gypsum content in the feed material and after preparation in the HAVER Friction-Clean. Both figures were improved significantly during these series of tests. Rates of increase of a maximum of 76 % were achieved in the case of whiteness degree, and of a maximum of 39 % in the case of gypsum content [4].

The HAVER Friction-Clean was intensively tested during the four-week field test period. This high-efficiency process made it possible to recover a saleable product from what was previously waste (**Fig. 8**). Scaling-up to a 100 t/h unit is now planned as the next development stage. The author wishes here to express to Rump & Salzmann, and to Uwe Schridde, in particular, his sincere gratitude for the support provided during the tests.