



*Dr.-Ing. Oliver Pikhard  
RHEWUM GmbH, Remscheid/Deutschland  
www.rhewum.de*

*Oliver Pikhard studierte Entsorgungsingenieurwesen an der RWTH Aachen (Diplomabschluss 2006) und promovierte anschließend am Institut für Aufbereitung und Recycling der RWTH Aachen zum Thema Aufbereitung von Feinstpartikeln aus der Solar Wafer Produktion. Weitere Arbeits- und Forschungsschwerpunkte liegen u.a. im Bereich Recycling von Kunststoffabfall und Aufbereitung von Schlacken aus der Metallindustrie. Seit Juni 2010 leitet er das Technikum der RHEWUM GmbH.*

*Dipl.-Ing. Sigurd Schuetz<sup>1</sup>, Dr.-Ing. Marcel Grünbein<sup>2</sup>, Dipl.-Ing. Jörg Zimmer<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> RHEWUM GmbH, Remscheid/Deutschland, www.rhewum.de  
<sup>2</sup> Ingenieurgesellschaft PBO, Aachen, www.pbo.de*

## Gesteigertes Wertstoffpotenzial Increased recovery of potential value materials

Optimierung der Aufbereitung von NE-Metallkonzentraten aus  
Müllverbrennungsschlacken

**Zusammenfassung:** Die Aufbereitung von Müllverbrennungsschlacken (MVA-Schlacke) wurde in den letzten Jahren kontinuierlich weiterentwickelt, mit dem Ziel, die in der Schlacke enthaltenen Wertstoffe so gut wie möglich zurückzugewinnen. Der Fokus liegt auf der Rückgewinnung von Metallen, die nach dem Verbrennungsprozess entweder frei oder als Inklusion vorliegen. In Zusammenarbeit mit der Ingenieurgesellschaft pbo (Aachen) und der RHEWUM GmbH wurde zur Aufbereitung dieser Metallkonzentrate ein neuer Weg gegangen, der im Folgenden beschrieben wird.

Optimization of the processing of NF metal concentrates from waste  
incineration ashes

**Summary:** The processing of waste incineration slag (WI bottom ash) has been steadily developed in recent years, with the aim of maximizing recovery of the resources contained in the bottom ashes. Focus is on the recovery of metals present after the combustion process either in free form or as inclusions. In cooperation with the engineering company PBO (Aachen) and RHEWUM GmbH, a new approach was taken in the processing of metal concentrates, which is described in the following.



Aluminiumfraktion • Aluminium fraction

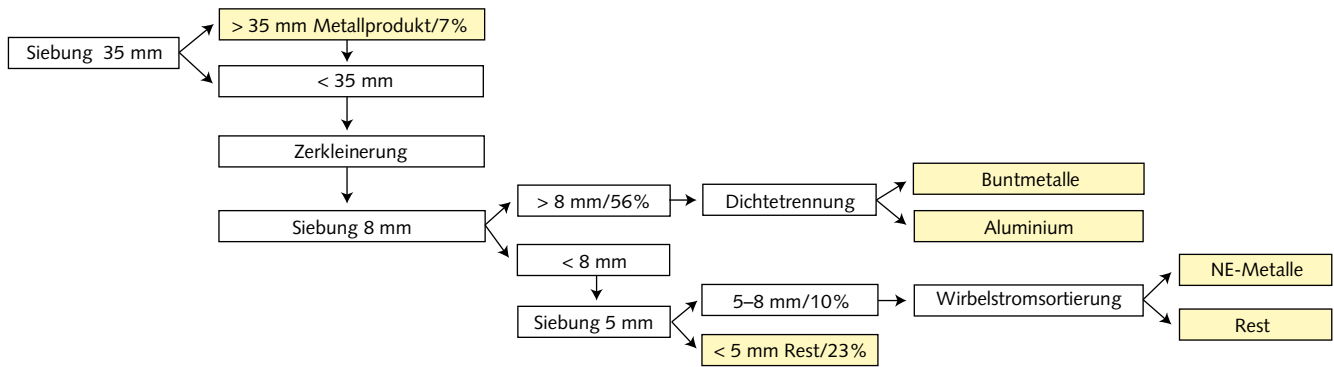
## 1 Einleitung

In Standardprozessen zur Aufbereitung von MVA Schlacken werden nach einer groben Vorklassierung, die üblicherweise Trennschnitte zwischen 40–100 mm aufweist, Magnetabscheider zur Abtrennung magnetisierbarer Eisenbestandteile verwendet. Nichteisenmetalle werden üblicherweise mittels Wirbelstromabscheidern zurück gewonnen. Nachteilig bei diesem System ist, dass die auf diese Weise zurück gewonnenen Metalle starke Verunreinigungen durch mineralische Schlackenreste aufweisen. Diese Verunreinigungen setzen sich aus feinen Partikeln bzw. Partikelagglomeraten zusammen, die an den metallischen Teilen anhaften und somit Verbunde darstellen. Die Haftkräfte innerhalb dieser Verbunde werden zum Teil durch Flüssigkeitsbrücken hervorgerufen. Während des Verbrennungsprozesses können sich jedoch auch kristallartige Strukturen bilden, die einen direkten Festkörperverbund zwischen dem Metall und der anorganischen Phase bilden. Es können z.B. durch das alkalische Milieu innerhalb der Schlacke in Kombination mit Kalziumsulfaten weitere Festkörperverbunde während der Lagerung der Schlacken entstehen. Ein dritter Verbundmechanismus entsteht durch Aufschmelzen der teilweise niedrig schmelzenden NE-Metalle während des Verbrennungsprozesses. Während des Erstarrens der Schmelze können nichtmetallische Partikel gebunden werden.

## 1 Introduction

In standard processes for processing WI bottom ashes, following coarse primary classification, usually at cut-points between 40–100 mm, magnetic separators are used to remove any magnetizable iron components. Non-ferrous metals are usually recovered with eddy current separators. The disadvantage of this system is that metals recovered in this way exhibit considerable contamination with mineral slag residue. These contaminants consist of fine particles and particle agglomerates that stick to the metallic components, forming composites. The adhesive forces within these composites are sometimes caused partly by liquid bridges. During the combustion process, however, crystal-like structures can form, which form a direct solid bond between the metal and inorganic phase. For example, as a result of the alkaline environment within the slag in combination with calcium sulphates, other solid composites can form during stratification of the ashes. A third composite mechanism is caused by melting of the partly low-melting NF metals during the combustion process. During the solidification of the melts, non-metallic particles can be bonded to the metals.

The metal products recovered with the conventional process can therefore be described as metal concentrates. The low purity of these metal concentrates reduces their market value



1 Fließbild Aufbereitungsverfahren • Flowchart showing the process flow

Die nach dem herkömmlichen Verfahren gewonnenen Metallprodukte können daher als Metallkonzentrate bezeichnet werden. Die geringe Reinheit dieser Metallkonzentrate reduziert den Marktwert oder verhindert das Materialrecycling sogar. Die wesentlichen Schwerpunkte aktueller Verfahrensoptimierungen liegen deswegen darin, diese Metallkonzentrate so aufzubereiten, dass die in ihnen enthaltenen Metalle möglichst sauber, sortenrein und vollständig zurück gewonnen werden. Insbesondere die Rückgewinnung relativ feiner Metallteile im Korngrößenbereich von wenigen Millimetern stellt einen neuen Trend in der Aufbereitung dieser Metallkonzentrate dar.

## 2 Neues Verfahren zur Aufbereitung von MVA Schlacke

Einen schematischen Überblick über das neue Verfahren zur Aufbereitung der Metallkonzentrate wird in Bild 1 gegeben. Die einzelnen Verfahrensschritte werden im Folgenden beschrieben.

Aus Untersuchungen, die am Institut für Aufbereitung und Recycling der RWTH Aachen durchgeführt worden sind, ist bekannt, dass ein Großteil der NE-Metalle in Metallkonzentraten aus MVA Schlacken in relativ feinkörniger Form vorliegt. Bild 2 zeigt exemplarisch die Korngrößenverteilungen von Metallen aus MVA Metallkonzentraten. Es ist deutlich zu sehen, dass ein Großteil der NE-Metalle im Korngrößenbereich von 5–20 mm liegt. Um den Aufbereitungsprozess optimieren zu können, ist es aus mehreren Gründen sinnvoll, die NE-Metallkonzentrate nach Größe zu sortieren.

Erstens funktionieren Aufbereitungsaggregate nur dann optimal, wenn das Verhältnis von maximaler zu minimaler Korngröße einen bestimmten Wert nicht übersteigt. Als Daumenregel ist z.B. Faktor 3 für die Wirbelstromsortierung zu nennen. Bei einer minimalen Korngröße von 5 mm sollte somit die maximale Korngröße 15 mm betragen.

Zweitens ist eine Vorklassierung der Metallkonzentrate sinnvoll, weil das Massenverhältnis zwischen Metall-

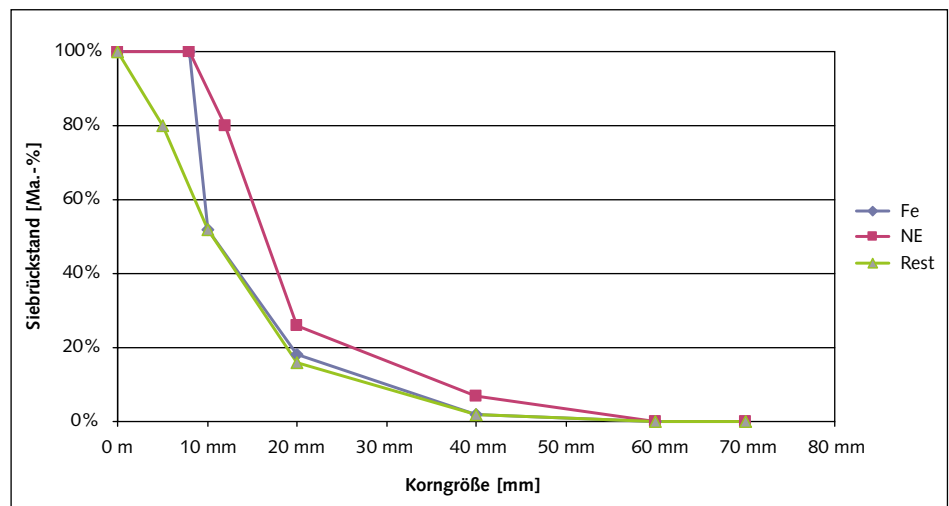
or even prevents material recycling. The main focuses of current process optimization are to process these metal concentrates such that the metals recovered from them are as clean, pure and as complete as possible. Recovery of relatively fine metal components in the particle size range of a few millimetres in particular represents a new trend in processing these metal concentrates.

## 2 New process for processing WI ash

A schematic showing the new method for processing the metal concentrates is shown in Fig. 1. The individual process steps are described in the following.

From investigations conducted at the Institute of Mineral Processing and Recycling at the RWTH University of Aachen, it is known that a large part of the NF metals in metal concentrates from WI bottom ashes are relatively fine particles. By way of example, Fig. 2 shows the particle size distributions of metals from WI metal concentrates. It can be clearly seen that a large part of the metals lies in the particle size range from 5–20 mm. To optimize processing, for several reasons it is expedient to sort the NF metal concentrates by size.

Firstly, processing machines only function optimally when the ratio from maximum to minimum particle size does not exceed a certain value. As a rule of thumb, for example, a fac-



2 Korngrößenverteilung von Metallkonzentraten • Particle size distribution of metal concentrates



3 Kornform Partikel >35 mm • Shape of particles >35 mm

partikeln und anhaftender mineralischer Verunreinigung aufgrund der steigenden spezifischen Oberfläche von kleinen Partikeln umso schlechter wird, je kleiner der Metallpartikel wird. Diese stark verunreinigte Fraktion benötigt daher eine aufwändigere Aufbereitung als die größeren Partikel.

Die grobkörnigen Metallpartikel, deren relativer Mineralikanteil gering ist, können direkt als NE-Metall Mischprodukt vermarktet werden. Im vorliegenden Verfahren wurde ein Trennschnitt bei 35 mm vorgenommen (Bild 3). Aufgrund der äußerst unregelmäßigen Kornform der NE-Metallkonzentrate ist eine kontinuierliche Klassierung des Materials sehr schwer.

Die Kombination aus flächigen, gekrümmten sowie länglichen Teilen, z.B. Drähten im Verbund mit anderen Teilen, führt dazu, dass das Materialverhalten auf dem Sieb nicht mit dem üblicher Schüttgüter zu vergleichen ist. Um diese schwierige Siebaufgabe zu lösen, wurde eine Siebmaschine des Typs WAF der RHEWUM GmbH eingesetzt. Der Vorteil dieses Siebtyps liegt in der Überlagerung zweier Schwingungsmechanismen. Die erste Schwingungserregung ist eine Linearschwingung, die durch zwei gegenläufige Unwuchtmotoren erzeugt wird. Diese Erregung wird für den Transport des Siebguts eingesetzt. Der zweite Schwingungstyp ist eine direkte Erregung des Siebelags mittels elektromagnetisch erregter Schlagleisten. Die direkte Erregung führt im Normalbetrieb zu Beschleunigungen des Siebgewebes bis zu 15 g. In den Abreinigungsintervallen können Beschleunigungen bis zu 50 g erreicht werden. Diese hohen Beschleunigungen führen zu einem dazu, dass das Siebgewebe frei bleibt. Zum anderen werden dadurch locker anhaftende mineralische Bestandteile von den groben Partikeln abgeklopft. Bild 4 zeigt das für Versuchszwecke eingesetzte Sieb.

Voraussetzung für eine optimierte Nutzung des Wertstoffpotentials der Metallkonzentrate <35 mm ist die Auflösung der Verbunde mit den mineralischen Bestandteilen. Besonders vorteilhaft hat sich hier die Beanspruchung des Materials durch Prall erwiesen. Die duktilen Metalle werden durch diese Beanspruchungsform kaum zerkleinert, während die spröderen mineralischen Anhaftungen abplatzen. Aufgrund der geringen Kontaktzeit während des Zerkleinerungsprozesses und der geringen Zahl beweglicher Teile wurde eine

tor of 3 can be specified for eddy current separation. With a minimum particle size of 5 mm, the maximum particle size should therefore be 15 mm.

Secondly, primary classification of the metal concentrates is sensible if the mass ratio between the metal particles and adhesive mineral impurities worsens with decreasing size of the metal particles owing to the increased surface area of smaller particles. This highly contaminated fraction therefore requires more intensive processing than coarser particles.

The coarse metal particles, with a relatively low mineral content, can be sold direct as NF metal mixed product. In the process presented, the feed material was separated at a cut-point of 35 mm (Fig. 3). On account of the extremely irregular particle shape of the NF metal concentrates, continuous classification of the material is very difficult.

Owing to the combination of tabular, curved and longish particles, e.g. wires combined with other components, the behaviour of the feed material on the screen cannot be compared with that of standard bulk solids. To find a solution for this difficult screening problem, a WAF screen from RHEWUM GmbH is used. The advantage of this type of screen is the combination of two vibration mechanisms. The first vibration is a linear motion generated by two counter-rotating unbalance motors. This vibration is used to transport the screen feed. The second type of vibration is direct excitation of the screening surface by means of electromagnetically excited knocker shafts. In standard operation, direct excitation leads to screening surface acceleration up to 15 g. In the cleaning intervals, accelerations up to 50 g can be achieved. On the one hand, these high accelerations keep the screening surface clean. On the other hand, loosely adhesive mineral components are knocked free of the coarse particles. Fig. 4 shows the screen used for test purposes.

Precondition for optimized utilization of the recoverable potential of the metal concentrates <35 mm is the break-up of the composites with the mineral components. Particularly useful here is stressing of the material by means of impact. The ductile metals are hardly comminuted by this type of stress, while the brittle mineral adhesive particles spall off. Owing to the low contact time during the comminution



4 Sieb Bauart WAF • WAF screen

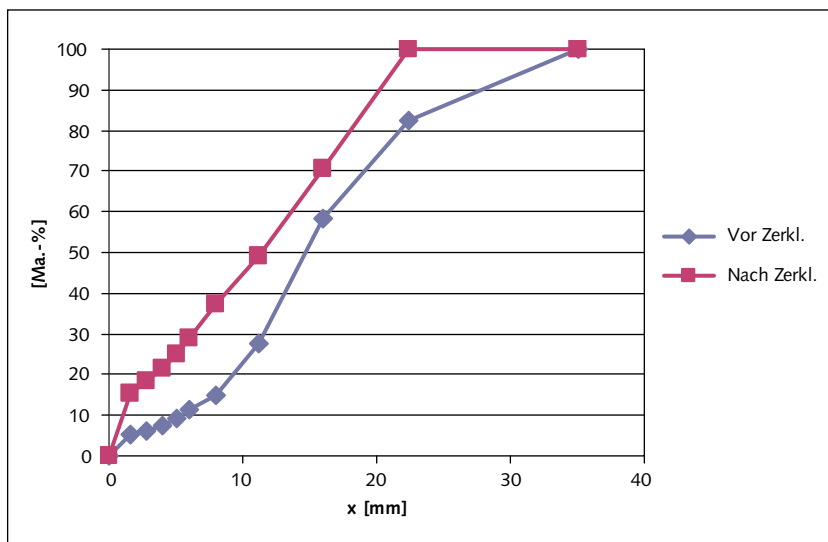
Prallmühle für die Versuche verwendet. **Bild 5** zeigt die Korngrößenverteilungen des Materials vor und nach der Zerkleinerung.

Der Anstieg des Feingutanteils nach der Zerkleinerung ist hauptsächlich auf die Zerkleinerung der mineralischen Bestandteile zurückzuführen. Nach der Zerkleinerung wurde das Material mittels Siebung in zwei Fraktionen aufgeteilt mit dem Ziel, das mineralische Feingut zu entfernen und die metallischen Bestandteile für den folgenden Aufbereitungsschritt zu konfektionieren. Als Trennschnitte für die Siebklassierung wurden 5,2 und 8,0 mm gewählt. Die Klassierung erfolgte ebenfalls auf einer Siebmaschine des Typs WAF der RHEWUM GmbH. Durch die direkte Anregung des Siebelags konnte bei diesen vergleichsweise feinen Trennschnitten der feuchte, stark haftende mineralische Feinkornanteil sehr gut abgetrennt werden.

Die erzeugten Fraktionen 8,0–35,0 mm, 5,2–8,0 mm und 0–5,2 mm wurden getrocknet und mittels Wirbelstromscheider nachsortiert, um den NE-Metallgehalt der jeweiligen Fraktionen festzustellen. **Bild 6** zeigt die jeweiligen NE-Metallgehalte. Die stark angereicherte NE-Metallfraktion 8,0–35,0 mm wurde in einem weiteren Verfahrensschritt mittels Dichtesortierung in eine Leichtmetallfraktion und eine Buntmetallfraktion getrennt. Zur Sortierung nach Dichte wurde ein Aggregat, welches ein trockenes Dichtentrennverfahren verwendet, eingesetzt. Der Vorteil dieses Aufbereitungsaggregats liegt darin, dass es im Vergleich zu anderen Dichtesortierverfahren, wie z.B. der Röntgensortierung, vergleichsweise günstig und die Trennpräzision nahezu korngößenunabhängig ist.

Die Leichtmetallfraktion besteht hauptsächlich aus Aluminium, während in der Buntmetallfraktion hauptsächlich Kupfer, Messing sowie deren Legierungen vorzufinden sind. Die jeweiligen Fraktionen sind in **Bild 7** und **Bild 8** dargestellt.

Die Aufbereitung des Stoffstroms 5,25–8,0 mm ist sowohl mittels Wirbelstromsortierung als auch mittels Dichtentrennung möglich. Aufgrund des geringen Anteils an der Gesamtmasse des aufzubereitenden NE-Metallkonzentrats muss

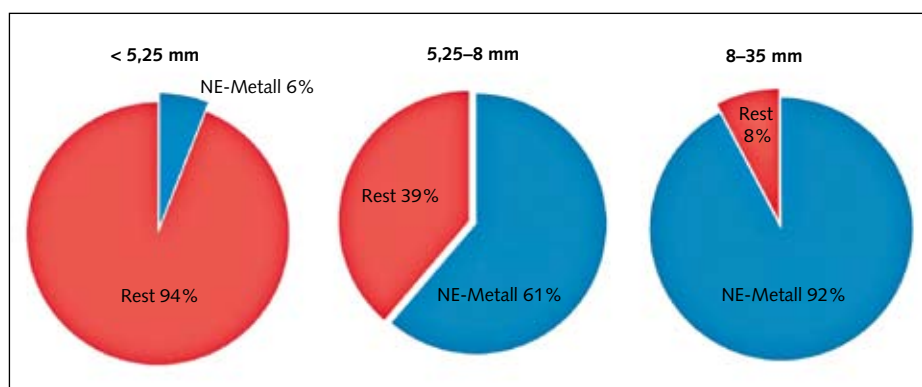


5 Ergebnis Zerkleinerung • Comminution efficiency

process and the low number of moving parts, an impact mill was used for the tests. **Fig. 5** shows the particle size distribution of the material before and after comminution.

The increase in the fines percentage after comminution is mainly attributable to the comminution of the mineral components. After comminution the material was screened into two fractions to remove the mineral fines and prepare the metal components for the downstream processing step. As cut-points for screening, 5.2 and 8.0 mm were selected. The classification was also performed on a WAF screen from RHEWUM GmbH. Thanks to the direct excitation of screening surface, at these comparatively fine cut-points, the wet and very adhesive mineral fines can be effectively separated.

The fractions produced, 8.0–35.0 mm, 5.2–8.0 mm and 0–5.2 mm, were dried and re-sorted in an eddy current separator in order to determine the NF metal content of the respective fractions. **Fig. 6** shows the respective NF metal contents. In a further process step, the highly concentrated NF metal fraction 8.0–35.0 mm was separated by means of gravity separation into a light metal fraction and a non-ferrous metal fraction. For gravity separation, a machine was used that employs a dry gravity separation process. The advantage of this processing machine is that it is comparatively low in cost compared to other gravity separation processes, e.g. X-ray separation, and its separation precision is almost independent of the particle size.



6 NE-Metallgehalte Zwischenprodukte • NF metal content intermediate products

The light metal fraction consists primarily of aluminium, whereas the non-ferrous fraction comprises mainly copper, brass and their alloys. The respective fractions are shown in **Fig. 7** and **Fig. 8**.

Processing of the material stream 5.25–8.0 mm is possible by means of eddy current separation as well as gravity separation. On account of the



7 Aluminiumfraktion 8,0–35,0 mm • Aluminium fraction 8.0–35.0 mm

im Voraus abgeschätzt werden, ob eine entsprechende Aufbereitung wirtschaftlich sinnvoll ist.

### 3 Ausblick

Eine Aufbereitung von NE-Metallkonzentraten aus MVA Schlacken ist nur dann möglich, wenn die spezifischen Eigenschaften der NE-Metallkonzentrate, wie z.B. die extremen Kornformen, der hohe Wassergehalt, der hohe Feinkornanteil, die Abrasivität sowie die komplexen Materialverbunde, berücksichtigt werden. Das vorgestellte Verfahren zeigt eine Kombination aus Geräten, die auf diese Anforderungen abgestimmt ist. Durch die sinnvolle Verknüpfung der Aggregate kann mit wenigen Verfahrensstufen eine starke Aufwertung des Aufgabematerials erreicht werden. Auf diese Weise können Wertstoffpotenziale erschlossen werden, die mit bisherigen Verfahren nicht genutzt werden konnten. Die Implementierung des Verfahrens für einen dauerhaften Betrieb stellt die nächste Entwicklungsstufe dar.



8 Kupferfraktion 8,0–35,0 mm • Copper fraction 8.0–35.0 mm

low content of the total mass of the NF metal concentrate to be processed, it is necessary to estimate whether corresponding processing is economically viable.

### 3 Outlook

Processing of NF metal concentrates from WI slag or bottom ash is only possible if the specific properties of the NF metal concentrates, like, for example, the extreme particle shapes, the high water content, the high fines, the abrasiveness and the complex material composites are taken into consideration. The process presented shows a combination of equipment coordinated to meet these requirements. With the sensible combination of the machines, an effective upgrade of the feed material can be achieved in just a few process steps. In this way, materials of value can be utilized that could not be utilized with previous processes. The implementation of the process for sustainable operation is the next step in development.