

Sehr geehrte Damen und Herren,

Zunächst möchte ich dem Hanseatischen Schlackenkontor die Glückwünsche der IGAM überbringen. Das HSK ist zwar kein Mitglied der IGAM, aber über die HSK ARGE Vertrieb als Mitglied verbunden.

So gratuliere ich dem Hanseatischen Schlackenkontor, deren Geschäftsführern und den Gesellschaftern zu 25 Jahren erfolgreicher Verwertung von HMV-Schlacke.

Ein integriertes System des Vertriebs unter Einbeziehung von Ingenieurbüros, Bauunternehmen, der Behörde für Umwelt und Energie, sowie öffentlichen und privaten Bauträgern. In dieser Form ist das einmalig in Deutschland.

Ich darf Ihnen nun über den Stand der Technik in der Herstellung dieses ausgezeichneten Baustoffes MV-Schlacke berichten.

Warum vertraut man mir dieses Thema an?

Möglicherweise, weil unsere Unternehmen sich seit den 60er Jahren mit der Verwertung von MV-Schlacken beschäftigen und wir auch den Hamburger Weg seit vielen Jahren in unterschiedlichsten Funktionen begleiten.

Ich habe Ihnen hier eine Unterlage aus dem Jahr 1969 mitgebracht. Eine Ausschreibung zur Übernahme aufbereiteter Schlacke der alten Anlage Borsigstraße. Wir haben damals ein Gebot über im Schnitt 9 DM/t abgegeben.

Das wäre heute in Euro und unter Berücksichtigung der tatsächlichen Inflation 16,32 €/t.

Offensichtlich hat man in Hamburg schon damals den Wert des Materials als Straßenbaustoff erkannt.

Hier drei unserer Unternehmensbeteiligungen, die in Sachen Schlacke aktiv sind:

Die Heidemann Recycling betreibt Schlackenaufbereitungen.

Scanmetals verarbeitet Nichteisenmetalle aus der Schlackenaufbereitung.

Die SORTATEC baut Aufbereitungstechnik, so auch Schlackenaufbereitungen.

Soweit zu meinem Hintergrund.

Meine Mission hier ist es, Ihnen Einblicke in die Produktion der Schlacke und deren Nebenprodukten zu geben.

Einblicke, die sie zum Fan des Baustoffes envau-Schlacke werden lassen, soweit sie dies nicht schon sind.

Dafür möchte ich:

- 1) Auf den Verbrennungsprozess eingehen,
- 2) Die heute bei der Schlackenaufbereitung gebräuchlichen Aggregate erläutern,
- 3) Einen Ausblick auf mögliche technische Entwicklungen geben.
 - Und mir erlauben diese zu bewerten

Ich komme zum ersten Punkt: Verbrennungsprozess

Bekanntlich dient die Müllverbrennung nicht in erster Linie der Produktion von Baustoffen und Produkten.

Dennoch handelt es sich bei der thermischen Verwertung von Abfällen um einen komplexen Produktionsprozess.

Wir geben Einsatzstoffe hinein, im Wesentlichen Restabfall, d.h. vorsortierten Abfall aus Haushalten, Gewerbebetrieben oder speziellen Sortieranlagen.

Der Prozess generiert neben Energie verschiedene Stoffe: Dampf, Abgas, Stäube, Salzsäure, Salze, Gips und eben auch die sogenannte Rohschlacke.

Die Qualität der Rohschlacke wird dabei erheblich beeinflusst von den Einsatzstoffen, der eingesetzten Verbrennungstechnik, der Steuerung des Verbrennungsprozesses und der Art der Ausschleusung des Materials.

Die heiße Schlacke fällt dabei in das Wasserbad des Nassentschlackers und wird dadurch gekühlt. Hier kann man durch Wasserzugabe bzw. längerer Verweildauer positive Effekte in der Schlackenqualität erzielen.

Die Hamburger Anlagen erzeugen dabei eine im Vergleich hervorragende Rohschlacke. Offensichtlich stimmt im Sinne einer guten Schlacke der Mix an Input, die Verbrennungsführung, sowie die Nachbehandlung im Nassentschlacker.

Dennoch führt die gute Sortierung vor der Verbrennung deutschlandweit natürlich zu Effekten.

Zum einen landet zunehmend weniger Mineralik im Abfall. Das ist prinzipiell gut. Der Stein ist besser in der Bauschutttaufbereitung aufgehoben und die Glasflasche im Glasrecycling. Zum anderen führen die höheren Brennwerte zu einer geänderten Feuerung, die den Sinterungsprozess beeinflusst.

Beides führt im Ergebnis zu einer feineren Rohschlacke. Dies ist ein Trend, dem die Aufbereitung Rechnung zu tragen hat.

Hier in Hamburg ist das Ziel die Herstellung eines möglichst hochwertigen Straßenbaustoffes aus der Rohschlacke, ein Material, das in Frostschutz- und Tragschichten eingesetzt werden kann.

Die Aufgabenstellung lautet: Entfernen von Fremdbestandteilen und Herstellen von Sieblinien, die bauphysikalisch und chemisch den Vorgaben entsprechen.

Wie sieht das jetzt konkret aus?

Ein wesentlicher Aufbereitungsschritt ist die Lagerung der Schlacke. Hier gibt es grundsätzlich zwei Vorgehensweisen: hier in Hamburg erfolgt eine erste Aufbereitung der frischen Schlacke. Danach Zwischenlagerung und eine weitere Aufbereitung und Alterung vor der Auslieferung.

Alternativ dazu wird das Material zunächst zwischengelagert, um nach einer Trockenphase von 4 bis 6 Wochen einmalig aufbereitet zu werden.

In jedem Fall ist eine Lagerung unverzichtbar für die Alterung. Hier laufen verschiedenste chemische Prozesse ab. Das sind Hydratations-, Karbonatisierungs-, und Oxidationsprozesse. Metallverbindungen verfestigen sich, die Eluierbarkeit wird verringert, das Material wird volumenstabil.

Nun zur eigentlichen Aufbereitung.

Je nach Vorbehandlung des Abfalls vor der Verbrennung besteht die Notwendigkeit der Abscheidung von Übergrößen, die den Aufbereitungsprozess stören.

Das wird üblicherweise mit Schwerlastrosten durchgeführt. An irgendeiner Stelle des Prozesses werden stets große Störstoffe entnommen, sortiert und das Überkorn zerkleinert. Letzteres kann kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen.

Die Zerkleinerung erfolgt häufig durch Prallbrecher. Prallbrecher, die eine gewisse Resistenz gegen massive Schrottteile haben sollten.

Weiter gilt es, dem Material den Eisenschrott zu entziehen.

Nach einer Grobentschrottung mittels Trommel- oder Überbandmagneten wird die Schlacke gesiebt. Danach kann die Magnettrennung in den Feinfraktionen umso gezielter erfolgen.

Für beste Effekte hängt man die Magneten in Längsrichtung zur Materialförderung. Besonders effizient arbeitet man in der Flugphase des Materials im Bereich einer Materialübergabe. Zur Weiterverarbeitung des Schrottes komme ich später.

Die von Eisen befreiten Fraktionen werden nun in möglichst engen Kornbändern durch Nichteisenscheider bearbeitet.

Klassische Nichteisenscheider funktionieren grundsätzlich derart, dass mit starken Neodym-Magneten ein Wirbelstrom erzeugt wird. Hier im Rotor sind die Magneten eingeklebt.

Mit anderen Worten, auch Metallteile, die sonst nicht magnetisch sind, Cu, MS, Al und große Teile des V2A werden für eine Millisekunde magnetisch und dann durch einen in dieser Zeit stattfindenden Polwechsel abgestoßen. Das Ganze erfolgt kurz vor Verlassen des Fördergurtes.

Die Ablenkung verändert deutlich die Flugparabel der abgestoßenen Teilchen.

Bau und Betrieb von Nichteisenscheidern ist eine Wissenschaft für sich. Da gilt es die richtigen Magnetrotoren für den jeweiligen Kornbereich zu konfigurieren, die optimale Vereinzelung des Materials auf der Anlage, die richtigen Einstellungen.

Hier eine Zeichnung einer von uns patentierten Anlage eines Doppelscheiders, eine Anlage, die mit Hilfe eines Spannwellensiebes auch Feinstkörnungen abtrennen und mit NE-Scheidern bearbeiten kann.

Bedarfsweise werden Körnungen über 2 mm einer Windsichtung unterzogen. Dort werden durch verschiedene Techniken unter Verwendung von Gebläsen letzte unverbrannte Teile entfernt. Im Bereich über 35-40 mm wird das Material häufig händisch von Unverbranntem und Metallen befreit und die Restkörnung nach Zerkleinerung wieder dem Materialstrom zugeführt.

Am Ende der Aufbereitung werden die Teilströme der Schlacke zu den gewünschten Lieferkörnungen zusammengeführt. Das kann auch die Ausschleusung von Teilfraktionen bedeuten, die in der jeweiligen Lieferkörnung aus Gründen der Bauphysik oder der Umweltchemie nicht gebraucht werden.

Soweit die konventionellen, überwiegend in Deutschland gebräuchlichen Kernaggregate einer Schlackenaufbereitung.

Kommen wir zur Aufbereitung des Eisenschrottes

Der Eisenschrott/MV-Schrott wird durch verschiedene Aggregate nachbearbeitet. Diese können in der Schlackenaufbereitung integriert sein, aber auch separat, diskontinuierlich, oder an einem anderen Ort betrieben werden.

Ziel der Aufbereitung ist es Schlackenanhaftungen zu lösen und abzutrennen und Störstoffe heraus zu sortieren.

Dies sind im Wesentlichen Unverbranntes, Elektromotoren, Fremdmetalle und Hohlkörper. Letztere können während des Schmelzprozesses wie Geschosse wirken.

Wie macht man das?

Für die Abtrennung der Schlacke kann man entweder schlagende Werkzeuge benutzen, z.B. Hammermühlen, Prallbrecher, Rotorshredder oder Ähnliches.

Das kostet allerdings eine Menge Energie und Verschleiß und benötigt ggf. Entstaubung. Die Zerkleinerung des Schrottes führt dabei zu Verlusten größeren Materials. Der feine Schrott wird dabei weniger gut vergütet.

Wir benutzen deshalb große Trommeln für das Lösen der Schlackenanhafungen. Das Material wird bewegt, durch Schaufeln mitgenommen und fällt nach unten, reibt aneinander.

Im hinteren Teil der Trommel sind spezielle Siebe, die ein Abtrennen des Feinschrottes ermöglichen, derart, dass die Kronkorken sicher entfernt werden und man gleichzeitig wenig des guten Grob – und Mittelschrottes verliert.

Der abgetrennte Feinschrott und die abgelöste Schlacke werden mittels Magneten getrennt. Dies ist eine Herausforderung, weil die Schlacke durch den Prozess und anhaftende Oxide leicht magnetisch ist.

Wir haben dafür die Möglichkeit entwickelt, die Magneten hydraulisch zu verstellen, um jederzeit aus unterschiedlichsten Inputqualitäten möglichst homogene Endprodukte herstellen zu können.

Der grobe Teil der Schrottfraktion wird manuell in einer Sortierkabine von den vorgenannten Störstoffen befreit. Soweit die Schilderung der Eisenschrottbehandlung.

Schauen wir uns jetzt einmal einen beispielhaften Aufstellungsplan einer Schlackenaufbereitung an.

Das sieht zunächst einmal verwirrend aus, zeigt es doch auch die Komplexität des Prozesses.

Lösen wir das einmal auf. Hier sehen wir die meisten der von mir beschriebenen Aggregate. Aufgabereinheit, Magneten, manuelle Sortierung, Doppelscheider, Brecher, Windsichtung und Entstaubung, Endabsiebung.

Was sie an dieser Stelle mitnehmen wollen ist, dass es sich bei der Aufbereitung von MV-Schlacke um einen technisch anspruchsvollen Vorgang handelt. Es gilt die Ziele der Bauphysik, einer akzeptablen Umweltchemie und Wertschöpfung durch Metalle in Einklang zu bringen.

Welche weiteren zusätzlichen Techniken zur Schlackenaufbereitung stehen heute schon zur Verfügung?

Das Waschen der Schlacke

Hier kommen verschiedenste Techniken in Frage: von der klassischen Schwertwäsche über den Aufstromklassierer, Waschtrommeln, Hydrozyklone und so weiter.

Hier das Ergebnis eines Waschversuches, den wir mit relativ einfachen Mitteln durchgeführt haben. Sehr schön zu sehen sind auch die Glasanteile, die zu Phantasie der Wiederverwertung des Glases führen.

Bisheriger Tenor der Glasindustrie, die wir hierzu kontaktiert haben. Wegen der Fremdglassbeigaben, u.a. Bleiglas, wird Glas aus der Abfallverbrennung keine Verwendung im Flaschenglas finden.

Ein Einsatz könnte bestenfalls als Schaumglas im Bereich der Dämmstoffherstellung erfolgen. Allerdings ist der erforderliche

Sortieraufwand immens. Zudem entziehen wir der Schlacke einen Teil der guten Baustoffkörnung.

Die bei einer Schlackenwäsche anfallenden Aufwendungen für die Behandlung von Schlamm und Wasser sowie der Energiebedarf sind derzeit nicht zu amortisieren. Das könnte sich ändern, wenn Vorteile bei der Verwertung gewaschenen Materials gegenüber ungewaschenem Material generiert werden könnten. So wie beispielsweise in den Niederlanden, wo nass aufbereitete Schlacke in viel mehr Einsatzbereichen verwendet werden darf.

Auch die Herstellung von Zuschlagstoffen aus gewaschener Schlackenfraktion wird schon länger erforscht; bisher ohne echte Perspektive für den Masseneinsatz.

Ob die Schlackenwäsche anzustreben ist und sich wirklich rechnet, wird die Zukunft zeigen.

Weitere zusätzliche Behandlungsverfahren:

Lufttrenntische.

Durch die Dichtesortierung können unterschiedlich schwere Metalle aussortiert werden. Hier in der Aluminiumsortierung.

Diese Technik wird in der Weiterverarbeitung von Metallen eingesetzt, kann grundsätzlich aber auch in der Schlackenaufbereitung Ergebnisse erzielen. Bei der guten Leistung moderner Wirbelstromscheider, insbesondere im Kaskadenbetrieb, ist die Dichtesortierung direkt in der Schlackenverarbeitung derzeit nicht wirtschaftlich.

Weiterhin gibt es verschiedene Detektionsverfahren mit Ausschleusung über Druckluft

Beim Induktionsverfahren wird das Material über starken Magnetspulen bewegt und über das sich verändernde Magnetfeld auf das Material zurückgeschlossen.

Röntgentransmission.

Dabei wird jedes einzelne Materialteilchen durchstrahlt und der Strahl auf der anderen Seite gemessen. Aus der Bremswirkung der Strahlung lässt sich auf die Dichte des Materials und so die Materialbeschaffenheit schließen.

Fluoreszenzverfahren (XRF)

Das Material wird angestrahlt und sich dabei ablösenden Teilchen gemessen und so die einzelnen Elemente bestimmt und auf das Material zurück gerechnet.

Optische Verfahren,

hier wird über die Farbe und/oder Teilchenform auf das Material geschlossen.

Beim Laserverfahren erfolgt ein Anschmelzen der Teile, Messen des Lichtspektrums der Schmelze und Rückrechnung auf das Material.

Alle diese Verfahren sind zu aufwändig in der Schlackenaufbereitung, sehr wohl aber einsetzbar in der Weiterverarbeitung der Metalle.

Welche Aufbereitungstechniken stehen noch zur Verfügung?

Aufmahlen der Schlacke mit Rotorschleudermühlen, Brechsandmühlen, Sandmühlen bis ins Feinstkorn zur Steigerung der Metallausbeute. Dies ist eine Alternative, wenn man die Feinstkornanteile nicht deponieren muss, sondern in Verwendungen bringen kann. Hier gibt es derzeit Erfolg versprechende Ansätze im Zementbereich.

Hinzu kommen verschiedene Verfahren der Beschleunigung der Schlacke, derart, dass schwerere Metalle über die Flugparabel abgeschieden werden. Für das Abtrennen von Aluminium nicht geeignet.

Damit wären wir auch schon im Bereich der Science-Fiction, wie Herr Markus Gleis des Umweltbundesamtes es jüngst formulierte.

Möglicherweise werden die Filterstäube oder Feinstschlacken irgendwann einmal eine Quelle weiterer Wertschöpfung.

Vielleicht in Verbund mit biologischen Verfahren wie Bioleaching. Das Material wird mit Bakterien geimpft, die dann Metalle agglomerieren, welche in weiteren Verfahrensschritten extrahiert werden.

Oder auch die dynamische Fragmentierung. Dort wird Material unter Wasser mit Blitzen bearbeitet. Im Material bildet sich ein Plasmakanal, der das Material von innen heraus, wie mit einer kleinen Explosion, in seine Bestandteile zerlegt.

Ein breiter Fundus von Möglichkeiten.

Kommen wir zur Verarbeitung des in der Schlackenaufbereitung gewonnenen Gemisches von Nichteisenmetallen und Schlacke.

Dieses wird in separaten Anlagen behandelt.

Dort gibt es im Wesentlichen zwei Techniken:

Das eine ist die Technik des Schwimmsinkverfahrens.

In mit Eisen-Silizium angereichertem Wasser schwimmen Magnesium und Aluminium, schwere Metalle gehen unten.

Insbesondere das Aluminium muss zum Stoppen der Oxidation aufwändig getrocknet werden. Feianteile können nicht bearbeitet werden.

Die Firma Scanmetals hat aus diesen Gründen eine Trockenaufbereitung entwickelt.

Diese arbeitet im Wesentlichen mit Lufttrenntischen im Feinbereich sowie mit verschiedensten der oben beschriebenen Induktions-, Röntgen-, und Laseranlagen.

Hier einige Impressionen der Aufbereitung. 2 x Folie

Der gesamte Prozess ist ziemlich komplex. Es reicht nicht, die Schlacke zu entfernen und schwere Metalle und leichte Metalle zu trennen. Vielmehr müssen spezielle Produkte für verschiedenste Anwendungen konfiguriert werden.

Hinzu kommt, dass Fehlsortierungen oder bisher nicht separierte Metalle wie Blei, Zink, V2A und Magnesium nicht nur den weiteren Verarbeitungsprozess stören, sondern in der Schmelze untergehen und damit dem Recyclingkreislauf verloren gehen.

Insoweit gilt es die Sortiertiefe nach dem Bedarf der Schmelzbetriebe weiter zu steigern.

Hier einige Bilder aus unserem Technikum.

Soweit die Behandlung der Nichteisenmetalle.

Nachdem wir nun die technischen Alternativen für eine Schlackenaufbereitung kennen, stellt sich die Frage, nach welchen Kriterien eine Anlage geplant und betrieben werden soll.

Mein Vorschlag ist eine Betrachtung nach dem, nennen wir es einmal in Analogie zum ökonomischen Prinzip „ökologischen Prinzip“.

Die Kernfrage sollte lauten: Wieviel CO₂ verursachen meine Aufbereitung und die damit determinierten Folgen eigentlich insgesamt?

Eine Verwendung von Schlacke im städtischen Bereich, also genau da, wo sie anfällt, spart Transportwege.

Wie verändert sich die CO₂-Bilanz durch die Erhöhung einer Deponiemenge?

Lohnt es in dieser Betrachtung dem letzten Promille Metall hinterherzujagen?

„Watt köst me datt, watt bringt me datt“ pflegte mein Hamburger Professor Jacob in der BWL zu lehren.

Das sollten wir auch in der CO₂-Betrachtung anwenden.

Und einmal abgesehen davon, wie nachhaltig ist es eigentlich einen guten Baustoff wegzuwerfen?

Lassen Sie mich das einmal in Relation setzen.

Wir verwenden in der Bundesrepublik derzeit jährlich deutlich über 500 Millionen Tonnen Naturbaustoffe. Gleichzeitig erzeugen wir deutlich unter 100 Millionen Tonnen mineralische Abfälle.

Darin enthalten sind round about 5 Millionen Tonnen Fertigschlacken aus der Müllverbrennung. Die zur Verfügung stehende Schlacke deckt also nicht einmal 1% des gesamten Verbrauchs an Naturmaterial.

Ich frage also, wieviel Sinn macht es zum Beispiel, die Herstellung von Betonkörnung aus Schlacke zu versuchen?

Verstehen Sie mich nicht verkehrt: Natürlich sollen wir neugierig sein auf alle möglichen Verwendungen in der Zukunft. Lassen Sie uns mit dem Sinn für das Machbare forschen, gerne unsere Anlagen schon jetzt so konzipieren, dass wir weitere Behandlungsaggregate an verschiedensten Stellen andocken können.

Aber lassen Sie uns den Baustoff MV-Schlacke tatsächlich im Straßenbau einsetzen. Solange wir noch Naturmaterial im Straßenbau einsetzen, ersetzt die Schlacke wohl eher dies, als die Betonkörnung, die wir ansonsten als Kiestragschicht in der Straße verwenden.

