

Aufbereitung der Rostasche-Feinfraktion < 10 mm – Stand der Technik –

Thomas Pretz und Alexander Feil

1.	Rohstoffeigenschaften von Rostaschen	186
2.	Trockenmechanische Aufbereitungsverfahren	187
3.	Nassmechanische Aufbereitungsverfahren.....	189
4.	Zusammenfassung	189
5.	Literatur.....	190

Eine der hinsichtlich des jährlichen Massenarfs wichtigsten Abfallarten in Europa stammt aus der thermischen Abfallbehandlung und konzentriert zwischen 20 Prozent und 30 Prozent des verbrannten Abfalls in Form von Rostasche mit den Abfallschlüsseln 19 01 11 bzw. 19 01 12 [1]. Die zu entsorgende Menge überschreitet in den EU-Mitgliedsstaaten, die relevante Siedlungsabfallmengen thermisch behandeln, die zehn Millionen Tonnen pro Jahr Grenze deutlich.

Rostasche besteht zu etwa neunzig Prozent aus mineralischen Komponenten, enthält in geringem Umfang unverbrannte Bestandteile sowie bis zu zehn Prozent magnetisierbare und NE-Metalle. Entsprechend den unterschiedlichen nationalen abfallwirtschaftlichen Konzepten unterscheiden sich insbesondere die Metallgehalte erheblich [2, 8].

Aufbereitungstechnische Konzepte haben sich lange Zeit vorwiegend mit der mineralischen Hauptkomponente befasst und versucht, deren Einsatz als Recyclingbaustoff durch Maßnahmen zur Reduzierung der Eluierbarkeit von Schwermetallen zu verbessern. Eine für bautechnische Anwendungen besonders kritische Eigenschaft ergibt sich aus der Oxidationsfähigkeit von Aluminium, die die Beständigkeit eines Baustoffs erheblich beeinträchtigen kann. So wurden in die Aufbereitungskonzepte für Rostaschen bereits Ende der 1980er Jahre NE-Metall-Sortierungen integriert, um den *Störstoff* Aluminium zu separieren. Erst in der ersten Dekade der 2000er Jahre gewann der NE-Metallgehalt, der je nach Qualität der verbrannten Siedlungsabfälle zwischen zwei Prozent und mehr als fünf Prozent betragen kann, als wertvolle Rohstoffquelle an Bedeutung.

Während mit konventioneller Aufbereitungstechnik aus einer Kombination von Siebklassierung, Magnetscheidung und Wirbelstromscheidung die Kornklassen größer 10 mm mit hoher Effizienz aufbereitet werden konnten, stellte die massenanteilig große Feinfraktion die Aufbereitungstechnik vor erhebliche Probleme. Der Grund hierfür liegt insbesondere in der nassen Technologie zum Austrag von Rostaschen aus dem Kesselsystem. Feuchtegehalte zwischen 15 Prozent und bis zu 25 Prozent erschweren den technischen Zugriff auf gering konzentrierte Wertmetalle. Der zeitweise hohe Metallwert

hat daher insbesondere im Bereich der Feinkornaufbereitung zu neueren Entwicklungen geführt, um auch hier erfolgreich sortieren zu können. Der erreichte Stand der Technik ist Gegenstand dieses Beitrags.

1. Rohstoffeigenschaften von Rostaschen

Um einen Rohstoff beschreiben zu können, ist ein Blick auf die Herkunft hilfreich. Im Fall von Rostasche aus der Hausmüllverbrennung lässt die Herkunft des in Abfallverbrennungsanlagen (MVA) sowohl beseitigten als auch verwerteten Abfalls Rückschlüsse auf die Qualität der erzeugten Verbrennungsrückstände zu. MVA werden sowohl mit Restabfall aus der Hausmüllsammlung (AVV 20 03 01) als auch mit gewerblichen Abfällen diverser Herkunft und Aufbereitungsresten aus Mechanisch-Biologischen-Abfallbehandlungsanlagen (MBA) beschickt. Der Anteil von Resthausmüll variiert je nach MVA zwischen etwa dreißig Prozent und etwa einhundert Prozent [9]. Insbesondere gewerbliche Abfälle und Sortierreste aus Vorbehandlungsanlagen sind zumeist an verwertbaren Metallen abgereichert worden. Auch kommunale Restabfälle weisen verschiedene Qualitäten und einwohnerspezifische Quantitäten auf, da Restabfall neben verschiedenen verwertbaren Abfallarten erfasst wird. Unterschiedliche Grade an getrennter Erfassung für z.B. Verpackungsabfälle oder Elektro- und Elektronikschrott schlagen sich entsprechend in den gewinnbaren Metallpotenzialen von Verbrennungsrückständen nieder. Daneben sind andere Eigenschaften von Rostasche vom Grad der Vorseparierung und damit der spezifischen Eingangsqualität einer MVA betroffen wie etwa die Kornverteilung. Beispielhaft ist in Bild 1 eine Sieblinie von Rostasche dargestellt, wie sie sich als Mittelwert aus zahlreichen Analysen im r³ Projekt VeMRec ergeben hat [11]. Andere Untersuchungen berichten von abweichenden Kornverteilungen mit zum Teil geringeren Anteilen der Fraktion < 10 mm als hier mit etwa 63 Prozent dargestellt [4, 6, 8].

In der Rostasche sind neben Glas und Keramik zahlreiche mineralische Verbindungen enthalten, die aus dem Anfangsstadium von Aufschmelzphasen stammen, wobei letztere unvollständig und weitgehend zufällig ablaufen [13]. Die mineralische Phase findet sich auch als oberflächige Verunreinigung auf den meisten Metallen und Metalloxiden.

Zeltner berichtet, dass im thermischen Prozess der MVA Aluminium zum größten Teil, Kupfer und Messing dagegen nur teilweise aufschmilzt. Bei hohen Oberflächenspannungen und schlechter Benetzung der Partikeloberflächen bilden sich oft kugelige Schmelzprodukte. Größere Aluminiumteile schmelzen dagegen häufig zu unregelmäßig geformten, knollenartigen Gebilden [13]. Aluminiumpartikel bilden eine 5-15 µm dicke Oxidschicht aus, so dass bei sehr kleinen Partikelgrößen < 2 µm der werkstofflich verwertbare elementare Metallgehalt zu Lasten chemischer Bindungsformen sinkt [5]. In der Feinstfraktion findet sich zudem ein mit etwa 50 Prozent sehr hoher Anteil an Eisenoxiden, während Kupfer nur in Konzentrationen von etwa 0,3 Prozent bis 0,4 Prozent vorliegen kann, andere Schwermetalle dagegen nur noch in ppm-Konzentrationen vorkommen [6]. Ihre Herkunft ist auf den Eintrag von Elektronikbauteilen in den Verbrennungsinput sowie auf Pigmente von Farben und Korrosionsschutz zurückzuführen [3].

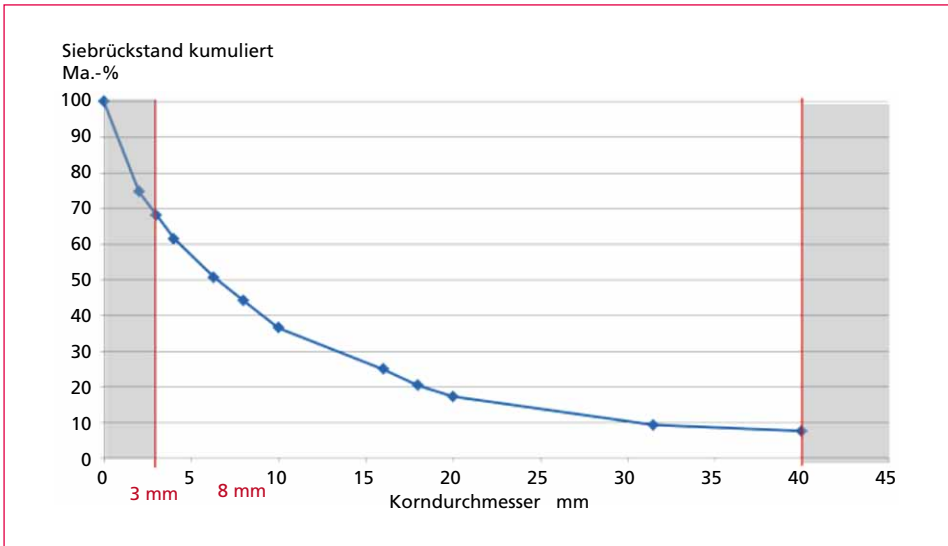


Bild 1: Sieblinie Rostasche (gemittelte Werte aus mehreren Siebanalysen)

Quelle: Rüßmann, D. et al.: Bericht zum r³-Vorhaben: VeMRec – Verlustminimiertes Metallrecycling aus Müllverbrennungsaschen durch sensorgestützte Sortierung, 2015

In der Feinfraktion von Rostasche überlagern sich die Merkmale wie geringe Partikelmassen, Belagsschichten aus Aschen, Oxidschichten auf Metallen mit den Bindekräften von Feuchte und Mineralien. Daher liegen zu separierende Metalle in vielen Fällen nicht frei vor, sondern beladen mit mineralischen Komponenten. Je geringer die Partikelgröße von Metallen ausfällt, umso geringer stellt sich entsprechend die Metallkonzentration dar.

2. Trockenmechanische Aufbereitungsverfahren

Die Aufbereitungstechnik für Rostaschen aus Nassentaschern basiert im Wesentlichen auf trockenmechanischen Prozessen. Erst in jüngster Zeit ist die Technologie um nassmechanische Prozesse ergänzt worden.

Solange das Ziel der Aufbereitung in einer Konditionierung des Hauptmassenanteils Mineralik bestand, mussten allein bautechnische Mindestanforderungen erfüllt werden. Mittels Klassierung wurde der Feinkornanteil reduziert, durch Magnetscheidung Schrott sortiert und mit wachsender Bedeutung Zugriff auf NE-Metalle durch den Einsatz von Wirbelstromscheidern genommen.

Aufgrund der kritischen Feuchtegehalte kommen bei der Klassierung vorwiegend Maschinen zum Einsatz, wie sie auch im ähnlich gelagerten Anwendungsfall Kompost mit Erfolg eingesetzt werden. Spannwellensiebe sind stark verbreitet, aber auch spezielle Rollenroste, die als *Sternsiebe* bezeichnet werden, eignen sich für eine Klassierung bis zu Korngrößen < 10 mm. Für die Abscheidung grober Bestandteile haben sich Stangensizer bewährt, bei Siebschnitten von etwa 40 mm Kreisschwingsiebe mit besonders hohen Siebamplituden.

Die Sortierung magnetischer Metalle erfolgt im Groben mit elektromagnetischen Lasthebemagneten an Baggern sowie den gebräuchlichen Kombinationen von Überband- und Trommelmagnetscheidern. Bei der Einführung von Wirbelstromscheidern tauchte das Problem auf, dass insbesondere in den feinen Partikelgrößen ein hoher Anteil an Eisenoxiden auftritt, der den Trennprozess auf Wirbelstromscheidern durch das Verweilen schwach magnetisierbarer Partikel im Trennfeld erheblich behindert. Verschiedene Anlagen wurden daher mit abwerfenden Starkfeldmagnetscheidern ausgerüstet, um den Stoffstrom zum Wirbelstromscheider zu konditionieren. Diese Prozessführung hat sich insgesamt nicht bewährt und findet bei neueren Planungen keine Anwendung mehr.

Mit der zunehmenden Bedeutung des Sortierproduktes *NE-Metalle* für die betriebswirtschaftliche Position von Aufbereitungsanlagen ist der Schwerpunkt des Prozessdesigns auf ein maximiertes Ausbringen dieser Wertmetalle verlagert worden. Da die Technologie *Wirbelstromscheider* im Mittelpunkt steht, muss der gesamte Aufbereitungsprozess auf dessen Einsatzbedingungen ausgerichtet werden. Auf Wirbelstromscheidern erfolgt eine Auslenkung von leitfähigen Partikeln aus der durch das schnelllaufende Förderband vorgegebenen Wurfparabel, die Separation der NE-Metalle geschieht durch Trennung der beiden Wurfparabeln. Wichtigste Voraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz ist eine enge Einschränkung der Korngrößen. Wurden zunächst nur einzelne Maschinen verwendet, wurden diese häufig mit einem Körnungsband von z.B. 60 bis 10 mm beschickt [6]. Unter diesen Einsatzbedingungen ist eine Separation in allen Partikelgrößen nicht möglich, so dass hier immer nur ein sehr begrenztes Wertstoffausbringen erreicht werden konnte. Wird dagegen das Verhältnis von oberer Korngröße (d_o) zur unteren Korngröße (d_u) deutlich auf etwa 1:2,5 eingeschränkt, sind Einstellungen der Trennscheitel möglich, die ein Ausbringen maximiertes Ergebnis zulassen. Dem Problem der Behinderung einzelner leitfähiger Partikel durch schwach magnetische Eisenoxide kann durch eine Reihenschaltung von zwei Aggregaten begegnet werden.

Insgesamt ist ein modernes Fließbild zur trockenmechanischen Aufbereitung von Rostaschen durch eine Aufteilung in mehrere Siebfraktionen und entsprechend große Anzahl von Metalltrenngeräten in jedem Stoffstrom geprägt.

Konventionelle Technologie kommt bei Korngrößen von etwa 2 mm aufgrund der oben genannten Materialeigenschaften an ihre Grenzen. Neuere Entwicklungen haben sich daher insbesondere mit der Feinkornfraktion auseinandergesetzt, die durch hohe Feuchtegehalte und starke Bindekräfte zwischen Metall- und Mineralbestandteilen geprägt ist.

Eine Besonderheit stellt das an der Universität Delft entwickelte Inaschco-Verfahren dar, das nicht als Maschine, sondern nur als Dienstleistung im Markt angeboten wird. Der Trennprozess lässt sich als *Prallsichter* beschreiben, der die mechanische Beanspruchung zur Auflösung von Bindekräften an Korngrenzen mit einer Wurfparabel-Separation kombiniert. Das Verfahrensmodul wird speziell für die Kornfraktion 0 bis 12 mm angeboten und ermöglicht insbesondere bei den feinen Korngrößen von < 2 mm eine sehr gute Anreicherung von NE-Metallen, die in Folgeprozessen weiter aufbereitet werden müssen [10].

Andere neue Prozesse wenden sich ebenfalls dem Aufbrechen der Materialverbunde durch die hierzu besonders geeignete Prallzerkleinerung zu. Tartech arbeitet mit einer modifizierten Pralltechnologie, die gegenüber den üblichen 30 bis 60 m/s Umfangsgeschwindigkeit mit deutlich größeren Geschwindigkeiten arbeitet.

Das Problem zu hoher Feuchte insbesondere bei den feinsten Partikeln schränkt die Verwendung von Wirbelstromscheidern in Kornbereichen < 1 mm ein, es sei denn, Feuchte wird durch Trocknung entzogen.

3. Nassmechanische Aufbereitungsverfahren

Nassmechanische Prozesse für die Rostascheaufbereitung einzusetzen, bietet Chancen, die negativen Einflüsse von Feuchte sowohl bei der Klassierung als auch der Separation von Wertbestandteilen zu kompensieren. Sofern sich für die Verwertung der mineralischen Fraktion aus Rostaschen bautechnische Anwendungen als Recyclingbaustoff unter den jeweiligen gesetzlichen Randbedingungen ergeben, führt ein nasser Klassierprozess zu *sauberen*, von feinkörnigen Mineralien befreiten Kornoberflächen. Damit eröffnet sich insbesondere für den gröberen Kornanteil der Rostasche eine Verwertungsoption.

Bislang hat sich für den Anteil > 10 mm jedoch diese Technologie noch nicht in der Breite durchsetzen können.

Größere Bedeutung haben nassmechanische Aufbereitungsverfahren dagegen für die Korngrößen < 3 mm erlangt, da sie hier eine gegenüber den trockenen Verfahren signifikant bessere Metallausbeute versprechen [2, 7, 12]. Alle Entwickler setzen auf konventionelle Technologie zur Stromklassierung z.B. mittels Hydrozyklonen und anschließende Dichtesortierung auf Nassherden oder Sortierspiralen bzw. für eine Voranreicherung auch auf den Einsatz von Setzmaschinen.

Auf diesem Weg lassen sich neben Kupfer auch wertvolle Edelmetalle wie Silber und Gold anreichern, die in ppm-Gehalten in der Feinstfraktion von Rostaschen enthalten sein können. Allerdings wird ein erheblicher Massenanteil der Rostasche in eine nasse Fraktion überführt, nach dem Beispiel aus Bild 1 sind dies mehr als dreißig Massenprozent. Anwenden lassen sich diese Technologien immer dann, wenn nicht nur die betriebswirtschaftlichen Voraussetzungen erfüllt sind sondern auch eine Verwendung der Betriebsabwässer ebenso sichergestellt ist wie die Entsorgung der verbleibenden Feinsande.

4. Zusammenfassung

Die Aufbereitung von Rostaschen aus MVA hat im letzten Jahrzehnt eine Entwicklung genommen, die nicht mehr den Hauptmassenanteil Mineralik, sondern die Metalle als wichtige Erlösquelle in den Vordergrund gestellt hat. Mit dieser Verlagerung von Aufbereitungszielen ging einher, dass der größte Massenanteil von Rostaschen, das Feingut < 10 mm, in den Fokus der technischen Entwicklung gelangt ist. So wurden die

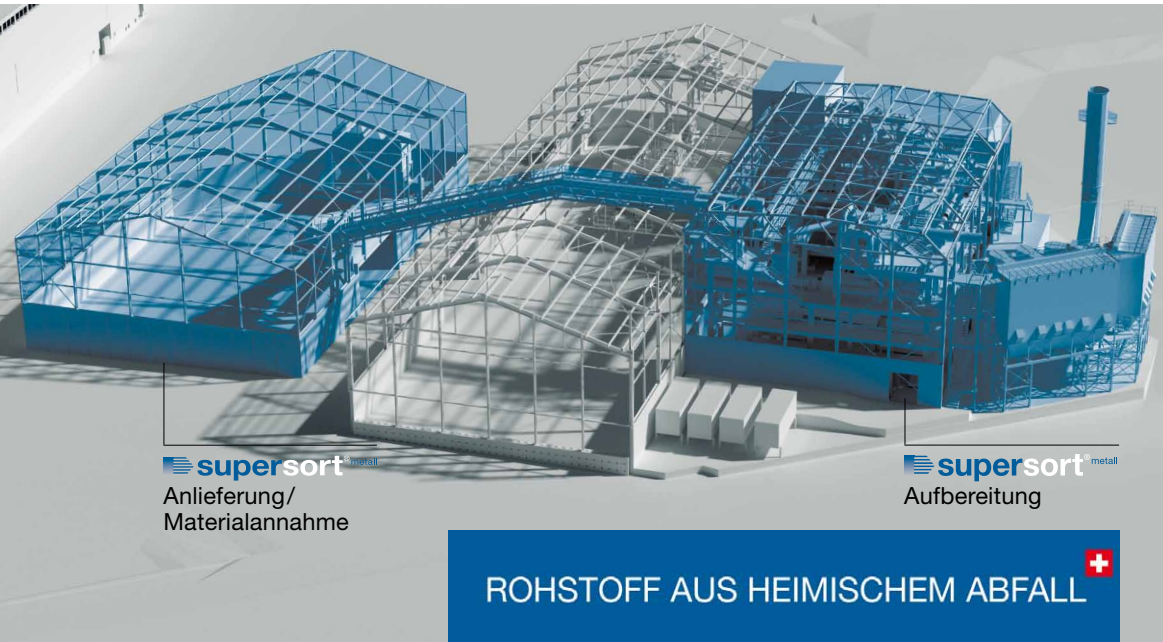
Aufbereitungsprozesse mit angepasster Klassier- und NE-Metall-Sortiertechnik immer weiter in Richtung feiner Partikelgrößen verschoben. In Verbindung mit einer heute üblichen Lagerung und Alterung vor der Aufbereitung konnte die Einsatzgrenze für konventionelle, trockenmechanische Verfahren bis auf etwa 2 mm verschoben werden.

Neuere Entwicklungen wenden sich den problematischen Eigenschaften von feinen Rostaschen durch Einsatz mechanischer Aufschlussverfahren mittels Pralltechnik zu, um auf diese Weise eine Sortierung in Folgeprozessen erfolgreich werden zu lassen. Spezielle Anwendungen haben in diesem Zusammenhang die untere Korngrenze auf etwa 0,5 mm verschoben. Andere Akteure setzen inzwischen nasse Trenntechnologie ein, um im Feinstkorn enthaltene Wertmetalle zu gewinnen.

5. Literatur

- [1] AVV – Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis, BGBl I 2001, 3379
- [2] BAFU (Hrsg.): KVA Rückstände in der Schweiz, Rohstoff mit Mehrwert, 2010
- [3] Blatter, E.: KVA – verkannte Kraftwerke – verkannte Bergwerke. In: BAFU (Hrsg.): KVA Rückstände in der Schweiz, Rohstoff mit Mehrwert, 2010
- [4] Bunge, R.: Wertstoffgewinnung aus KVA Rostasche. In: BAFU (Hrsg.): KVA Rückstände in der Schweiz, Rohstoff mit Mehrwert, 2010, S. 170 ff
- [5] Bunge, R.: Wieviel Metall steckt im Abfall? In: Thomé-Kozmiensky, Mineralische Nebenprodukte und Abfälle, 2014, S. 91 ff
- [6] Deike, R. et al.: Abschlussbericht: Recyclingpotenziale bei Rückständen aus der Müllverbrennung, 12/2012
- [7] Holm, O.; Simon, F.-G.: Rückgewinnung von Kupfer aus der Feinfraktion von HMVA mittels Dichtesortierung. Vortrag Karlsruhe, 2014
- [8] Muchová, L.: Wet Physical Separation of MSWI Bottom Ash. Dissertation Universität Delft, 2010, Dezember
- [9] N.N.: Entwurf zum Abfallwirtschaftsplan Nordrhein-Westfalen, Teilplan Siedlungsabfälle, 2014, www.umwelt.nrw.de, S. 106 f
- [10] Rem, P.; Berghout, S.: US Patent 2015/027 3529 A1 vom Oktober 2015 über einen *Separation Apparatus*
- [11] Rüßmann, D. et al.: Bericht zum r³-Vorhaben: VeMRec – Verlustminimiertes Metallrecycling aus Müllverbrennungsaschen durch sensorgestützte Sortierung, 2015
- [12] Weippert, R.: RecLABTM AU Patent PCT/EP 2013/075106
- [13] Zeltner, Ch.: Schmelzprozesse zwischen Abfall- und Ressourcenwirtschaft. In: BAFU (Hrsg.): KVA Rückstände in der Schweiz, Rohstoff mit Mehrwert, 2010

Mehrwert aus Siedlungsabfall.



supersort[®]metal
Anlieferung/
Materialannahme

supersort[®]metal
Aufbereitung

ROHSTOFF AUS HEIMISCHEM ABFALL 

Schlacke

Schlacke ist der grösste Abfallanteil nach der Verbrennung von Siedlungsabfällen und enthält durchschnittlich 1 – 3 % Nichteisenmetalle und 5 – 15 % Eisen. In der Schweiz fallen rund 100 kg Schlacke pro Person und Jahr an.

Aufbereitung

Mit der supersort[®]technologie können sämtliche Schlackentypen aus verschiedenen Kehrichtheizkraftwerken wirtschaftlich und umweltfreundlich verarbeitet werden. Die Gewinnung von Eisen- und Nichteisenmetallen erfolgt mit trocken-mechanischen Methoden – Sieben, Aufbrechen und Abtrennen von Metallen und organischen Stoffen. Aktuell verarbeitet die DHZ AG pro Jahr rund 100'000 t KVA-Schlacke.

Produkte aus Schlacke

Die supersort[®]technologie setzt das resource mining[®] wirtschaftlich und nachhaltig um und gewinnt wertvolle Metalle.

supersort[®]



NE-MIX 0-100
Kundenmix
Nichteisenmetall-
Konzentrate mit Korn-
grössen 0-100 mm aus
Kundenanlagen wie
KVA und externen
Aufbereitungsanlagen



RESH: Shredderrück-
stände
Shredder-Leicht- und
Shredder-Schwer-
Fraktionen



Metallhaltige Abfälle
Andere Materialien
auf Anfrage



NE-MIX 0-40
Nichteisenmetall-
Konzentrate aus
supersort[®] und
supersort[®]fein



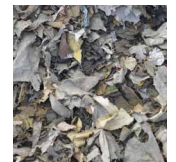
Aluminium



Schweres Nichteisen-
metall-Gemisch



Verschiedene Kunst-
stoffe



Brennbares organi-
sches Material

win³
für Sie
für die Umwelt
für die Gesellschaft

dhz

RecuLAB™ NF and RecuLAB™ Au

Innovative Bottom Ash Treatment Systems

Key benefits of RecuLAB solutions:

- Developed and patented by LAB
- Easy integration into existing ash management system
- Effective recovery of metals for high value generation
- Production of attractive minerals for re-use
- Contracting Models for Bottom Ash Treatment



LAB Geodur, Stuttgart
+49 711 222 49 35 0
www.labgmbh.com

Lab
GROUPE ENIM

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): **Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 3**
– Aschen, Schlacken, Stäube und Baurestmassen –
ISBN 978-3-944310-28-2 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2016
Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,
Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.
Erfassung und Layout: Sandra Peters, Ginette Teske, Janin Burbott-Seidel,
Claudia Naumann-Deppe, Anne Kuhlo, Gabi Spiegel

Druck: Universal Medien GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.