

Ressourcen- und Klimarelevanz von Aschen und Schlacken aus Abfallverbrennungsanlagen

Klaus Wiemer, Claus Gronholz

Zusammenfassung

In der Bundesrepublik Deutschland fallen jährlich 5,2 Mio. Mg Schlacken zur Entsorgung an. Neunzig Prozent der Schlacken werden derzeit verwertet, davon der überwiegende Teil auf Abfalldeponien, gefolgt vom Straßen- und Bergbau. Während Fe-Metalle zu einem recht hohen Anteil abgetrennt werden, findet bei den strategisch wichtigen Metallen nur eine Ausbringung von maximal zwanzig Prozent des gegebenen Potenzials statt. Eine differenzierte Betrachtung des mit der NE-Verwertung verbundenen kumulierten Energieaufwandes zeigt auf, dass durch die praktizierte Vorgehensweise die bedeutsamsten Wertstoffpotenziale derzeit nicht erschlossen werden.

Die Autoren fordern auf, von der derzeit praktizierten Form der Schlackeverwertung im Sinne einer verbesserten Verwertungstiefe abzugehen und eine effizientere Schlackeverwertung, bzw. Sicherung der in den Schlacken enthaltenen Rohstoffe einzuführen. Anhand von Rechenmodellen wird aufgezeigt, dass hierdurch national mehr als eine Million Tonnen CO₂-Äquivalente bzw. mehr als zwei Millionen Megawattstunden an Energie pro Jahr eingespart werden könnten.

1 Sachstand der Schlackeverwertung aus der thermischen Abfallbehandlung

Die Maßnahmen der Abfallvermeidung und -verwertung leisten aus qualitativer und quantitativer Sicht einen bedeutenden Beitrag zur Verminderung des Mengenstroms von Wertstoffen in die thermische Abfallbehandlung. Dennoch entsteht in Deutschland ein Restmüllstrom von jährlich mehr als 21 Mio. Mg, der derzeit in 69 Müllverbrennungsanlagen und 13 EBS-Kraftwerken verbrannt wird [1]. Weitere EBS-Anlagen sind in der Planung oder im Bau.

Die aus Müllverbrennungsanlagen entstehenden Asche- und Schlackemengen betragen jährlich 4,8 Mio., die aus EBS-Anlagen weitere 0,4 Mio. Mg. Demnach fallen in Deutschland derzeit 5,2 Mio. Mg Aschen und Schlacken zur Entsorgung an [1]. In den kommenden Jahren wird mit der weiteren Erhöhung der Schlackemenge um jährlich 800.000 Mg gerechnet. Im Folgenden werden Aschen und Schlacken, wissenschaftlich nicht exakt, aber dem allgemeinen Sprachgebrauch entsprechend, unter dem Oberbegriff Schlacken zusammengefasst.

Siedlungs- und Gewerbeabfälle enthalten das vollständige Spektrum anthropogen genutzter Wertstoffe. Durch getrennte Sammlung werden zwar Wertstoffe abgeschöpft und in den Verwertungskreislauf zurückgeführt, dennoch gelangen nach wie vor erhebliche Wertstoffengen, insbesondere Metalle, in den Verbrennungsprozess. Metallanteile und -zusammensetzungen schwanken herkunftsbezogen, je nach Charakteristik des Ausgangsmülls. Im Mittel kann von einem Metallanteil des Rohmülls in der Größenordnung von 4 Gew.-% ausgegangen werden.

Beim Verbrennungsprozess wird der im Rohmüll enthaltene Kohlenstoff unter Freigabe von Wärme nahezu vollständig oxidiert, Wasser wird verdampft. Durch den thermischen Prozess findet eine Massereduktion im Verhältnis 4 : 1 statt. Je nach Verfahren und Charakteristik der Ausgangsmenge bleibt somit ein Schlackeanteil von rund 25 % der Ausgangsmenge erhalten. Dem entsprechend enthalten Abfallverbrennungsschlacken rund 16 % an Metallen, von denen mehr als 80 % auf Fe- und NE-Metalle entfallen. Der NE-Anteil in der Schlacke wird nach eigenen Untersuchungen mit 2,0 bis 2,4 %, der von magnetischem Eisen mit 11 % abgeschätzt.

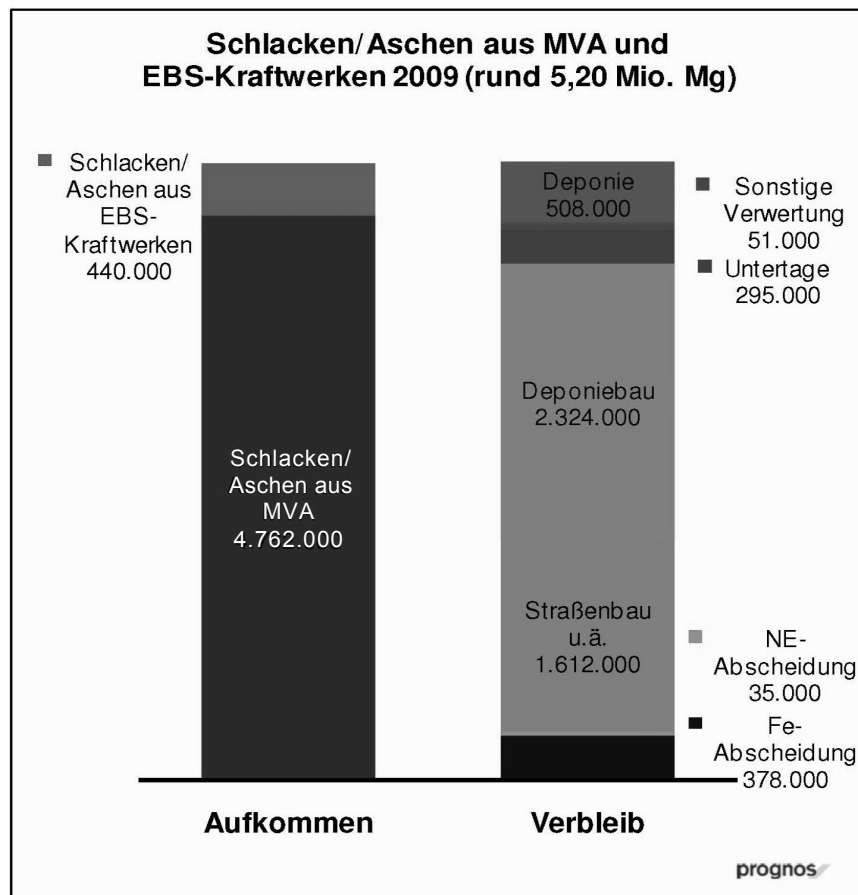
Das Gesamtaufkommen an NE-Metallen aus Schlacken der in Deutschland betriebenen Abfallverbrennungsanlagen wird mit ca. 114.000 Mg, das der Fe-Metalle mit rund 570.00 Mg jährlich abgeschätzt.

Beim Verbrennungsprozess finden an der Oberfläche von Metallen Verzunderungen durch Sinter- und Anbackungsvorgänge statt. Feinere Metallteile werden teilweise in die Schlacke eingelagert oder chemisch gebunden. Die Gewinnbarkeit von Metallen wird durch den Verbrennungsprozess zwar einerseits verbessert, andererseits wird die Trennbarkeit und Verwertung insbesondere feinerer Fraktionen durch die beschriebenen Vorgänge erschwert. Abbildung 1 zeigt den Einschluss feinsten, verzunderter und mit Anbackungen versehener Eisenpartikel im Schlackegemisch.



Abb. 1: Verzunderte, mit Mineralien ummantelte, feinkörnige Qualitäten von Fe-Schrott, gehalten durch einen Stabmagneten

Eine Bestandsaufnahme der derzeitigen Entsorgungssituation von Schlacken in Deutschland zeigt Abbildung 2.



Quelle: [ITAD2009] und Eigeneinschätzungen Prognos AG 2009

Abb. 2: Geschätztes Aufkommen und Verbleib von Schlacken aus MVA und EBS-Kraftwerken mit Rostfeuerung in Deutschland im Jahr 2009 [1]

Gemäß Abbildung 2 werden etwa 90 % der Schlacken verwertet und rund 10 % zur Beseitigung deponiert. Von den verwerteten Mengen gelangen rund 41 % (2,32 Mio. Mg) der Gesamtmenge in den Deponiebau, 31 % (1,61 Mio. Mg) in den Straßenbau, 6 % (0,3 Mio. Mg) werden unter Tage als Bergversatzmaterial und 1 % (0,05 Mio. Mg) auf sonstige Weise verwertet.

Aus den in Deutschland anfallenden Schlacken werden jährlich rund 7,3 % an Eisen (378.000 Mg) und 0,67 % an NE-Metallen abgeschieden (35.000 Mg) [1]. Bei den ausgewiesenen Mengen handelt es sich um Qualitäten einschließlich ihrer Verzunderungen und Anbackungen.

Verunreinigungen sind bei abgeschiedenen Fe-Metallen weniger relevant, da es sich hierbei im Wesentlichen um grobstückige Metalle handelt. Pretz [5] ermittelte an einem Beispiel 96,9 % Abscheideleistung von Fe-Metallen in den Fraktionen größer 10 mm.

Bei NE-Metallen spielen Verunreinigungen durch Anbackungen und Verzunderungen eine entscheidende Rolle, da hierdurch Scheideleistungen bei der Wirbelstromtrennung beeinträchtigt werden. Eigene Untersuchungen an Schlackequalityäten aus 26 Aufbereitungsanlagen zeigen Verschmutzungsgrade zwischen 30 % und 65 %.

Der mittlere Verschmutzungsgrad der NE-Metalle kann dem entsprechend mit ca. 35 % angesetzt werden. Dem entsprechend kann von einer Nettoausbeute von ca. 20.000 Mg bis 25.000 Mg NE-Metalle aus den in der Bundesrepublik Deutschland jährlich anfallenden Schlacken ausgegangen werden. Diese Menge entspricht Größenordnungsmäßig einer Ausbeute von 20 % der enthaltenen NE-Metalle.

1.1 Kritische Betrachtung der derzeitigen Schlackeverwertung

Die Tatsache, dass 90 % der Schlacken als verwertet gelten, kann oberflächlich gesehen, durchaus befriedigen. Tatsächlich gilt es jedoch zu bedenken, dass in den Verbrennungsprozess das vollständige Spektrum anthropogen wichtiger Metalle gelangt, die in jüngster Zeit im Bewusstsein der Öffentlichkeit eine immer bedeutsamere Rolle spielen.

Eine ganze Reihe strategisch wichtiger Metalle, die in den Schlacken enthalten sind, weisen eine statische Reichweite von deutlich weniger als 50 Jahren auf. Der Begriff „statisch“ geht hierbei von einem zukünftig gegenüber heute unveränderten Verbrauch aus, was bedeutet, dass die tatsächliche Reichweite deutlich geringer sein kann. Zu den kritischen Metallen gehören unter anderem Nickel, wichtig u. a. für nicht rostende Stähle (50 Jahre), Wolfram, u. a. bedeutsam für Leuchtmittel und die Härtung von Stählen (48 Jahre), Niob dient u. a. der Veredelung von Stählen, der Herstellung von Superlegierungen, hat Eigenschaften der Supraleitung etc. (47 Jahre), Kupfer, neben Aluminium das bedeutsamste Metall der Schlackeverwertung, zeichnet sich durch herausragende thermische und elektrische Leitfähigkeit sowie für verschiedene Legierungszwecke aus (34 Jahre), Antimon, bedeutsam als Legierungsmittel sowie in der Halbleiterindustrie (11 Jahre) etc.

Vor dem Hintergrund des gegebenen Potenzials von Metallen in Abfallverbrennungsschlacken und der sich abzeichnenden Knappheit verschiedener Metalle in der nahen Zukunft kann der derzeitige Umgang mit Schlacken in keiner Weise befriedigen. Die Tatsache, dass Schlacken ohne jegliche Maßnahmen der NE-Metallabscheidung beispielsweise als Bergversatzmaterial eingesetzt werden können, bedeutet, dass ein perspektivisch und zum Teil aktuell höherwertiges Material eingesetzt wird, um ein strategisch weniger bedeutsames zu ersetzen.

Schlacken mit wertgebenden Inhaltsstoffen, welche im Straßenbau, dem Bergbau oder als Ersatzbaustoff eingesetzt werden, gehen als Ressource unwiederbringbar verloren. Technologien, welche perspektivisch in der Lage wären Wertstoffe aus Schlacken wesentlich effizienter abzutrennen als dieses heute der Fall ist, finden keine entsprechende Bedeutung bei dem gegebenen Umgang mit Schlacken. Der Begriff Verwertungstiefe spielt bei der heutigen Schlackeverwertung keine Rolle, eine

Tatsache, die durch die entsprechenden Rahmenvorgaben des Bundes voll abgedeckt ist.

Aus abfallwirtschaftlicher Sicht kann der sorglose Umgang mit Schlacken als Ressource nicht unwidersprochen hingenommen werden. Der Abfallverbrennungsprozess bedeutet eine Konzentrierung strategisch wichtiger inerter Wertstoffe im Verhältnis 4 : 1. Ihrer Bedeutung gemäß sollten diese Wertstoffe technologisch erschlossen werden. Für den Fall, dass die heutzutage best verfügbare Technik nicht in der Lage ist, diese Wertstoffe technisch-wirtschaftlich in befriedigender Weise zu erschließen, sollte aus Autorensicht eine Rohstoffsicherung vorgenommen werden, die es späteren Generationen ermöglicht, die Ausbeute an wertgebenden Inhaltsstoffen vorzunehmen.

Im Umkehrschluss bedeutet dies aber auch, dass der derzeit sorglose Umgang mit Schlacken keinen Bestand haben sollte.

Welche Bedeutung eine effiziente Verwertung aus klima- und energiebezogener Sicht haben kann, zeigen die folgenden Ausführungen.

2 Berechnung und Bilanzierung von Energiemengen nach KEA, bei der Rückgewinnung von energetisch- und klimarelevanten Metallen aus den Schlacken/Aschen der thermischen Abfallverwertung

2.1 Einleitung

In Aschen und Schlacken der thermischen Abfallverwertung sind in größeren Mengen Metalle enthalten, deren Herstellung (Primärerzeugung) mit einem hohen Aufwand an Primärenergie verbunden ist. Zu den bedeutsamen Metallen zählen vorrangig Aluminium, Kupfer, NE-Metalllegierungen, Chrom-Nickel-Stähle und Eisen. Diese Metalle, die bei der Schlackeaufbereitung zurückgewonnen werden, bezeichnet man in der Metallurgie als Sekundärmetalle.

Als Bewertungsmaßstab für die Klimarelevanz der Rückgewinnung von Metallen kann der kumulierte energetische Aufwand (KEA) nach VDI-Richtlinie 4600 herangezogen werden [1].

2.2 Was bedeutet KEA?

KEA steht für **kumulierter energetischer Aufwand**, darunter ist der gesamte Energieeinsatz/Energiebedarf zur Herstellung eines Stoffes aus seinen Rohstoffen zu verstehen. Bei Metallen z. B. der Energiebedarf für den Rohstoffabbau/Bergbau, die Rohstofftransporte, die Rohstoffaufbereitung sowie die Verhüttung. Da Metalle nicht nur aus primären Rohstoffen, sondern auch aus Sekundärrohstoffen erzeugt werden können, kann mit **KEA** die Energieeinsparung/Energierückgewinnung, welche bei der

Erzeugung von Metallen aus Sekundärrohstoffen gegenüber der Erzeugung aus primären Rohstoffen entsteht, berechnet werden.

Abbildung 3 zeigt die formelmäßige Darstellung zur Berechnung der Energieeinsparung/-rückgewinnung nach KEA, bezogen auf die Fe- und NE-Rückgewinnung und Verhüttung aus MV-Schlacke.

Berechnung der Energie - Rückgewinnung/Einsparung nach KEA

Energierückgewinnung = (KEA Metallerzeugung aus primären Rohstoffen) - (KEA Metallerzeugung aus Sekundärrohstoffen)

mit dem Sekundärrohstoff : **MV - Schlacken**

Energierückgewinnung = (KEA Metallerzeugung aus primären Rohstoffen) - (KEA Metallerzeugung aus MV - Schlacken)



Abb. 3:

Gemäß Fehrenbach (UBA 2007, zit. in [1]) wird der KEA für die Herstellung von Rohaluminium, Roheisen und Rohkupfer aus Primärrohstoffen in Tabelle 1 dargestellt. Für die Beurteilung der Klimarelevanz ist es hierbei sinnvoll, den fossilen KEA heranzuziehen, da dieser einen Bezug zu den freigesetzten CO₂-Äquivalenten zulässt. [UBA 2007].

Tab. 1: Kumulierter energetischer Aufwand (KEA) zur Metallherstellung

Metall	KEA fossil
Roheisen	6,16 MWh/Mg _{Roheisen}
Rohaluminium	31,1 MWh/Mg _{Rohaluminium}
Rohkupfer	21,5 MWh/Mg _{Rohkupfer}

Quelle : UBA 2007

2.3 Berechnung und Bilanzierung der Energie- und CO₂-Einsparpotenziale nach KEA am Beispiel einer weitergehenden Schlackeaufbereitung

Bei der weitergehenden Schlackeaufbereitung steht die maximierte Rückgewinnung aller in den MV-Schlacken enthaltenen NE- und Fe-Metalle im Fokus des Aufbereitungsprozesses. Das Aufbereitungsverfahren von Sekundärmetallen ist grundsätzlich mit dem der Rohstoffgewinnung vergleichbar. Der Einsatz der aufgebrauchten Energie ist mit dem Ausstoß entsprechender CO₂-Emissionen verbunden.

Entsprechend dem in Deutschland angewandten Strommix entspricht der Ausstoß von 0,52 kg CO₂ dem Äquivalent von einer Kilowattstunde an erzeugter Energie.

Die Rückgewinnung von Metallen aus Schlacken ist dazu geeignet, durch entsprechende CO₂-Vermeidung einen nachhaltig positiven Einfluss auf die nationale Klimabilanz zu bewirken.

Nach einer Studie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit [2] liefern die aus den Abfällen gewonnenen Metalle mit -2.568 kg CO₂/Mg den höchsten CO₂-Äquivalente-Bonus noch deutlich vor Altpapier mit -191 kg CO₂/Mg und Altglas mit -294 kg CO₂/Mg. (Das negative Vorzeichen steht in diesem Zusammenhang für die Verminderung von Umweltbelastungen).

Bei der Berechnung und Bilanzierung zur Metallerzeugung aus MV-Schlacken nach KEA sind die jeweils standortspezifischen Arbeits- und Verfahrensschritte zu berücksichtigen.

In der Tabelle 2 sind die zu bilanzierenden standortspezifischen Arbeits- und Verfahrensschritte der weitergehenden Schlackeaufbereitung von Pos. 1 – 01 bis Pos. 5 – 03 aufgeführt.

Tab. 2: Arbeits- und Verfahrensschritte, die bei der Berechnung nach KEA zur Metallerzeugung aus MV-Schlacken berücksichtigt werden

Pos.	Arbeits-/Verfahrensschritt
1 – 01	Verladung der Rohschlacke im EBS-Kraftwerk
1 – 02	Transporte der Rohschlacke vom EBS-Kraftwerk zur weiter gehenden Schlackeaufbereitung
1 – 03	Rohschlacke zur Alteration aufhalten
1 – 04	Aufbereitungsanlage beschicken und entsorgen
1 – 05	Betrieb der kompletten Aufbereitungs-/Metallrückgewinnungsanlage
1 – 06	Schlacke/Mineralik als Deponie-Ersatzbaustoff verwerten

Pos.	Arbeits-/Verfahrensschritt
2 – 01	Transport NE-Metallgemisch von der Aufbreitungsanlage zur Weiterverarbeitung in Schwimm-/Sinkanlage
2 – 02	NE-Metallgemisch in Schwimm-/Sinkanlage trennen und veredeln
3 – 01	Anlieferung/Transport Aluminium zur Verhüttung
3 – 02	Anlieferung/Transport Kupfer/Messing zur Verhüttung
3 – 03	Aufbereitung Aluminium, Kupfer und Messing zur Verhüttung
3 – 04	Verhüttung Sekundär-Aluminium zum Primär-Äquivalent
3 – 05	Verhüttung Sekundär-Kupfer zum Primär-Äquivalent
4 – 02	Transport Fe-Schrott zur Schrottaufbereitung
4 – 03	Fe-Schrott zur Verhüttung aufbereiten
5 – 01	Anlieferung/Transport Fe-Sekundärmetall zur Verhüttung
5 – 02	Flurfahrzeuge/Krananlagen/Equipment Verhüttung
5 – 03	Verhüttung Fe-Sekundärmetall zum Primär-Äquivalent

Grundlage der Berechnung ist die Verarbeitung von 1 Mg (1.000 kg) MV-Schlacke und die daraus gewonnenen Mengen an Fe- und NE-Metallen. Hierbei wird vorausgesetzt, dass die Qualitäten der gewonnenen Sekundärmetalle mit denen der Primärmetalle vergleichbar sind. Verschmutzungen und Umschmelzverluste werden entsprechend berücksichtigt.

Abbildung 4 zeigt den differenzierten Energiebedarf nach KEA für die einzelnen Verfahrensschritte der Metallerzeugung, hier angewandt für die Erzeugung von Sekundärmetallen aus jeweils 1 Mg MV-Schlacke.

Darstellung: KEA für die einzelnen Verfahrensschritte bei der weitergehenden Aufbereitung von 1.000 kg Rost-/Kesselasche aus der thermischen Abfallverwertung und die daraus gewonnenen Fe-/NE-Metalle.

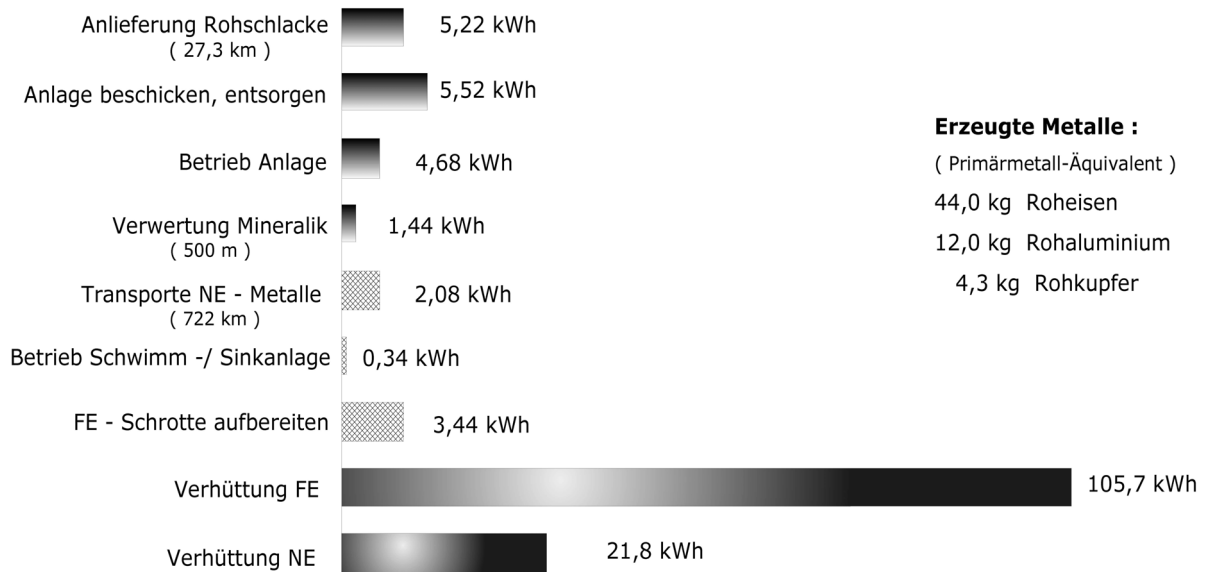


Abb. 4: Energiebedarf der einzelnen Verfahrensschritte

Grundlage der Bilanzierung nach KEA ist die Benennung der abgeschiedenen Metallanteile. Gemäß dem Stand der UBA/Prognos-Studie 2010 [1] und der best verfügbaren Technik weichen die praktisch erzielten und theoretisch erzielbaren Abscheidewerte von Metallen aus Schlacken weit voneinander ab. Unbestritten hoch sind die erzielbaren Abscheideleistungen von Fe-Metallen, die Pretz an einem Beispiel mit 96,9 % für die Kornfraktionen größer 10 mm ermittelte.

Völlig anders sieht die Bilanzierung nach Fehrenbach [4] und Pretz [5] bei der NE-Ausbringung aus. Die NE-Ausbringung beziffert Pretz mit etwa 34 % und Fehrenbach in seinem Optimierungs-Szenario 2020 mit 50 %.

Im folgenden Szenario wird von deutlich höheren NE-Abscheideleistungen für NE-Metalle ausgegangen, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass es sich bei den NE-Metallen um zukünftig in der Praxis gewinnbare, strategisch wichtige Metalle mit einem hohem potenziellen Ressourcen- und Klimaaspekt handelt. Dem Szenario wird zugrunde gelegt, dass pro Mg Schlacke 44,0 kg Fe-Metalle und 16,3 kg NE-Metalle abgeschieden werden. Letztere entsprechen erfahrungsgemäß einem Äquivalent von ca. 12,0 kg Rohaluminium und 4,3 kg Rohkupfer.

Von allen Prozessschritten der Schlackeaufbereitung erfordern die Verhüttung der 44,0 kg Fe-Metalle sowie die Verhüttung der 16,3 kg NE-Metalle den weitaus höchsten Energieeinsatz. Die Bilanzierung erfolgt auf der Grundlage der von Fehrenbach (zit. in [1]) ermittelten KEA-Werte für die Herstellung von Roheisen, Rohaluminium und Rohkupfer (siehe Tabelle 1).

2.4 Ergebnisse

In Tabelle 3 werden die Ergebnisse einer theoretischen KEA-Bilanz zur Metallrückgewinnung aus MV-Schlacken dargestellt.

Tab. 3: Theoretisch erzielbare Energie- und CO₂-Einsparpotenziale nach KEA bei der Metallrückgewinnung (NE- und Fe-Metalle) aus MV-Schlacken mit der weitergehenden Schlackeaufbereitung

	Einzelbilanz Aluminium ² 1,33 M.-%	Einzelbilanz Kupfer, Messing ² 0.475 M.-%	Einzelbilanz Roheisen ² 5,87 M.-%	Gesamtbilanz Fe- & NE- Metalle 7,68 M.-%
Primärmetall-Äquivalent (gewonnen)	12,0 kg	4,3 kg	44 kg	60,3 kg
Energiebedarf (KEA) für die Primärerzeugung	372,3 kWh	91,9 kWh	271,0 kWh	735,2 kWh
Energie-Einsatz (KEA) für die NE-/Fe-Rückgewinnung	Aufb. 16,8 kWh ¹	Aufb. 16,8 kWh ¹	Aufb. 16,8 kWh ¹	150,1
Sekundärerzeugung	Alu 15,05 kWh	Cu, Ms 9,72 kWh	Fe 108,5 kWh ⁴	
Energieeinsparung – total	340,4 kWh	65,4 kWh	145,7 kWh	585,1 kWh
– %	(91,4 %)	(71,1 %)	(53,7 %)	(79,6 %)
Werte TU Braunschweig ³	93 %	80–92 %	62–68 %	
CO ₂ -Primärerzeugung	120,5 kg	24,1 kg	101,2 kg	245,8 kg
CO ₂ -Sekundärerzeugung	15,7 kg	6,3 kg	22,3 kg	44,3 kg
CO₂-Einsparung – total	104,8 kg	17,8 kg	78,9 kg	201,5 kg
– %	(87 %)	(74 %)	(78 %)	(82 %)

¹ In der Summenbildung wird die Energie (KEA) für die Schlackeaufbereitung nur 1x berücksichtigt.

² Die Bilanzierung basiert auf Annahmen, dass nur dieses Metall bei der Aufbereitung gewonnen wird.

³ Chancen und Herausforderungen des Ressourcenmanagements als Baustein einer regionalen Null-Emissions-Strategie, K. Fricke [3]

⁴ 50 % Hochofen + 50 % Elektrofen

In den Einzelbilanzen für Aluminium, Kupfer/Messing und Roheisen wurde die Annahme getroffen, dass beim Aufbereitungsprozess lediglich Aluminium, Kupfer/Mes-

sing sowie Roheisen separat gewonnen werden. Diese Annahme, welche in der Praxis kaum in entsprechender Weise aufgeschlüsselt wird, führt zu folgenden interessanten Ergebnissen:

- Aluminium, Primärmetalläquivalent 12,0 kg, liefert mit 340,4 kWh das größte Energieeinsparpotenzial und mit 104,8 kg den größten Beitrag zur CO₂-Einsparung/Vermeidung.
- Roheisen, Primärmetalläquivalent 44,0 kg, liefert mit 145,7 kWh das zweithöchste Energieeinsparungspotenzial mit einem verbundenen Beitrag zur CO₂-Einsparung von 78,9 kg.
- Kupfer und Messing, Primärmetalläquivalent 4,3 kg liefern mit 65,4 kWh das dritthöchste Energieeinsparungspotenzial und mit 17,8 kg den dritthöchsten Beitrag zur Klimaentlastung.

Die kumulierte Energieeinsparung ist im Vergleich zur Primärproduktion von Metallen entsprechend der KEA Berechnung um 79,6 % niedriger. Das Umweltamt Wien hat in einer vergleichbaren Studie [REP- 0303, 2010] KEA-Werte mit mehr als siebzigprozentiger Verminderung des Energieeinsatzes ermittelt.

Das Ergebnis einer theoretischen KEA-Bilanz zur Rückgewinnung von Metallen aus Schlacken zeigt Abbildung 5.

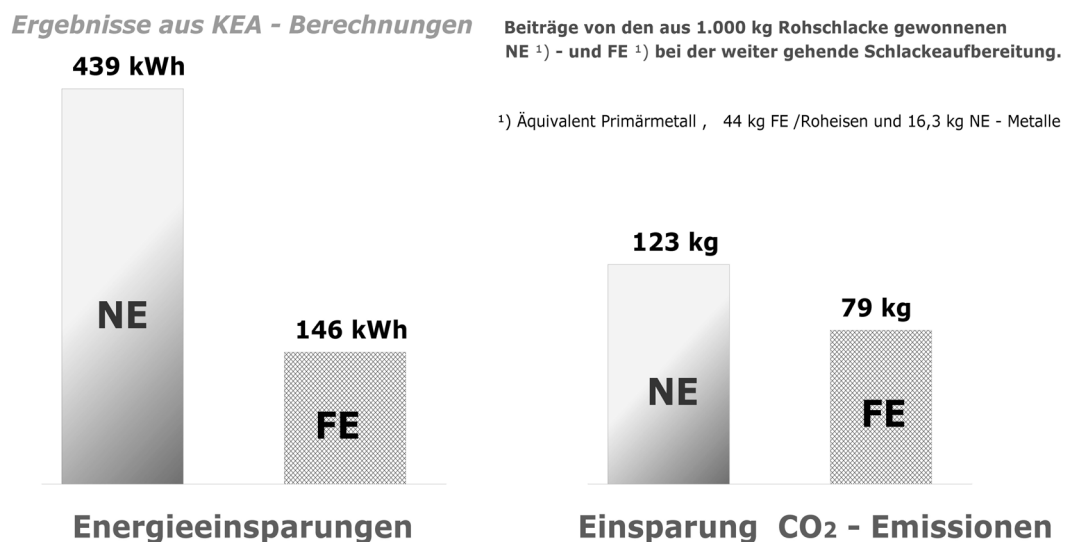


Abb. 5: Theoretische erzielbare Energie- und CO₂-Einsparpotenziale durch die Abscheidung von NE- und Fe-Metallen aus 1.000 kg. Rohschlacke aus Abfallverbrennungsanlagen

Abbildung 5 unterstreicht die Bedeutung einer effizienten NE-Metallabscheidung. Obwohl die Menge von 16,3 kg NE-Metalle nur knapp einem Drittel an gewonnenen Fe-Metalle (44,0 kg Roheisenäquivalent) entspricht, liefern sie die Dreifache potenzielle Energie- und eine deutlich erhöhte CO₂-Einsparung.

2.5 Ausblick

Die an der Praxis orientierten theoretischen Berechnungen des kumulierten Energieaufwandes (KEA) zeigen, dass mit einer weitergehenden Schlackeaufbereitung bedeutsame Energie- und CO₂-Einsparpotenziale generiert werden können.

Aus nationaler Sicht bedeuten diese bei einem jährlichen Aufkommen von etwa 5,2 Mio. Mg [1] an Schlacken aus der thermischen Abfallverwertung eine potenzielle Energieeinsparung von ca. 2,2 bis 2,6 TWh und eine entsprechende CO₂-Einsparung von 1,0 bis 1,1 Mio. Mg pro Jahr. Da die derzeitige Schlackeaufbereitung in ihrer Verwertungstiefe noch nicht diesen Zielgrößen entspricht gilt es, technologische Verbesserungen der Schlackeaufbereitung herbeizuführen, die dem gegebenen Potenzial an Wertstoffen in Schlacken aus Abfallverbrennungsprozessen entsprechen.

3 Literatur

- [1] Verbesserung von umweltrelevanten Qualitäten von Schlacken aus Abfallverbrennungsanlagen – Prognos-Studie 50/2010, UBA – FB 001409
- [2] Statusbericht zum Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz und mögliche Potenziale – Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Forschungsbericht 205 33 314 , UBA – FB III
- [3] Chancen und Herausforderungen des Ressourcenmanagements als Baustein einer regionale Null-Emissions-Strategie. K. Fricke; TU Braunschweig
- [4] Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz. Fehrenbach; Giegrich; Mahmood. ifeu Institut Forschungsbericht 205 33 311/UBA – FB 001092
- [5] Aufbereitung von Müllschlacken unter besonderer Berücksichtigung der Metallrückgewinnung. Pretz; Meier-Korting – RWTH Aachen