

Recycling of Incinerator Bottom Ashes – Contribution to CO₂ Savings

Carsten Spohn

In about 100 Waste to energy plants in Germany, almost 27 million tonnes of household and commercial waste are currently treated thermally each year. By substituting fossil fuels, these plants make a positive contribution to climate protection.

After energy recovery, around 5.67 million tonnes of incinerator bottom ashes remain nationwide for further treatment. This is essentially a mixture of inert mineral components and metals.

The separation and recycling of ferrous and non-ferrous metals and the use of the mineral secondary raw material *bottom ash (HMVA)* make an additional contribution to climate protection.

In addition to an overview of the basic figures for incinerator bottom ash processing, this article presents the contribution to climate savings from thermal waste treatment with a special focus on the contribution from slag recycling, broken down into contributions from metal recycling and recycling of the mineral fraction.

Finally, an outlook on further possible climate protection potentials from the incinerator bottom ash processing sector is given.

Beitrag der Verwertung von Hausmüllverbrennungsaschen zur CO₂-Einsparung

Carsten Spohn

1.	Aktuelle Situation der HMV-Schlackenverwertung in Deutschland.....	77
2.	Klimaschutzpotenzial der thermischen Abfallbehandlung mit Fokus auf HMV-Schlacken.....	79
2.1.	Beitrag der thermischen Abfallbehandlung zum Klimaschutz im Überblick.....	79
2.2.	Beitrag der Verwertung von HMV-Schlacken zum Klimaschutz.....	80
2.2.1.	Beitrag aus der Verwertung von Eisen und Nichteisenmetallen.....	80
2.2.2.	Beitrag aus der Verwertung der mineralischen Fraktion.....	80
2.2.3.	Gesamtbeitrag aus der Verwertung von HMV-Schlacke.....	81
3.	Zusammenfassung und Ausblick.....	81
4.	Quellen.....	82

1. Aktuelle Situation der HMV-Schlackenverwertung in Deutschland

In rund 100 Abfallverbrennungsanlagen in Deutschland werden pro Jahr aktuell knapp 27 Millionen Tonnen Hausmüll und Gewerbeabfälle thermisch behandelt. Nach der Verbrennung verbleiben bundesweit etwa 5,67 Millionen Tonnen Verbrennungsschlacke¹ (HMV-Schlacke) zur weiteren Behandlung. Diese Rohschlacke ist ein Gemisch aus inerten mineralischen Bestandteilen, Metallen und einem sehr geringen Anteil an Unverbranntem. In der Regel wird diese unter der Abfallschlüsselnummer 190112 (Rost- und Dampferzeugeraschen sowie Schlacken mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 01 11 fallen) eingestuft.

HMV-Schlacke wird an spezialisierte Verwerter übergeben oder am Standort der Thermischen Abfallbehandlungsanlage direkt aufbereitet. Für die interne und externe Aufbereitung wird sie an deutschlandweit 40 Standorten in stationären und/oder mobilen Anlagen behandelt. Zurückgewonnene Eisenmetalle werden von der Stahlindustrie abgenommen. Nichteisenkonzentrate werden über entsprechende Sekundärmetall-Aufbereiter den Metallhütten zugeführt.

¹ *HMV-Schlacke* hat sich fest im Sprachgebrauch verankert. In diesem Zusammenhang werden Schlacken aus EBS-Kraftwerken und Hausmüllverbrennungsanlagen gleich bewertet.

Anfang 2019 haben die Bundesverbände IGAM (Interessengemeinschaft der Aufbereiter für Abfallverbrennungsschlacken) und ITAD (Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.) aktuelle Zahlen, Daten und Fakten rund um die Aufbereitung und Verwertung von Schlacken aus der thermischen Behandlung von Siedlungs- und Gewerbeabfällen (MVA und EBS-Kraftwerke mit Rostfeuerung) bei Mitgliedern und Nichtmitgliedern abgefragt. Die bundesweite Datenabfrage zu den relevanten Kenndaten im Bereich der Schlackenaufbereitung umfasste sowohl mineralische Stoffströme als auch Metalle. An der Umfrage beteiligten sich insgesamt 37 Anlagenbetreiber, für 2 Anlagen wurden die Angaben anhand eines entsprechenden Telefoninterviews erfasst, für eine Anlage musste auf branchenspezifische Informationen und Abschätzungen zurückgegriffen werden. Somit deckte die Umfrage alle bekannten 40 Schlackenaufbereitungsanlagen in Deutschland ab.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Fraktion	Menge	Anteil
	t/a	% *
Frischschlacke direkt nach Verbrennung	5.670.727	100
Unverbranntes (grob)	15.687	0,28
Metalle abgetrennt vor Aufbereitung etwa	33.686	0,59
davon reine Metalle	32.002	0,56
behandelte Rohschlacke**	5.607.737	98,89
Unverbranntes	76.832	1,35
Fe-Metalle aus der Aufbereitung	380.561	6,71
davon reine Metalle	350.116	6,17
NE-Metalle aus der Aufbereitung	145.724	2,57
davon reine Metalle	95.553	1,69
Summe aller abgetrennten Metalle	559.971	9,87
davon reine Metalle	477.671	8,42
Fertigschlacke**	4.730.915	83,43

*) bezogen auf Frischschlacke

***) enthält Wasserverluste und Lagerbestandsdifferenzen

Tabelle 1:

Stoffströme HMV-Schlacke – Ergebnisse der IGAM-ITAD Umfrage 2019

Quelle: Umfrage der Bundesverbände IGAM (Interessengemeinschaft der Aufbereiter für Müllverbrennungsschlacken) und ITAD (Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.) für den Berichtszeitraum 2017, 2019, Mai

Tabelle 2: Verwertungswege HMV-Schlacke – Ergebnisse der IGAM-ITAD Umfrage 2019

Entsorgungswege 2017	Menge	Anteil
	t/a	%
Verwertung techn. Bauwerke	856.707	18,11
Verwertung Untertage	260.090	5,50
sonstige Verwertung	226177	4,78
Verwertung Deponie	2.412.947	51,00
Beseitigung Deponie	974.994	20,61

Quelle: Umfrage der Bundesverbände IGAM (Interessengemeinschaft der Aufbereiter für Müllverbrennungsschlacken) und ITAD (Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.) für den Berichtszeitraum 2017, 2019, Mai

Der mineralische Hauptstoffstrom wird in verschiedenen Anwendungsgebieten eingesetzt (Tabelle 2). Die bau-physikalischen Eigenschaften machen die HMV-Schlacke zu einem gut einsetzbaren Ersatzbaustoff. Anwendungsgebiete sind Lärmschutzwälle, der Straßen- und Erdbau und der Deponiebau. Auch in bergrechtlich genehmigten Maßnahmen, wie Versatz oder Verfüllung, wird die HMV-Schlacke eingesetzt. Die vorgenannten Anwendungsfälle unterliegen spezifischen Gesetzes- und Regelwerken aus den

Bereichen *Bau* und *Umwelt*. Durch Einsatz von qualifizierter Aufbereitungstechnik sowie entsprechender Güteüberwachung wird die Einhaltung dieser Vorschriften sichergestellt.

Hinsichtlich der Verwertung von HMV-Schlacken, z.B. als mineralischer Ersatzbaustoff in technischen Bauwerken außerhalb von Deponien, als Deponiebaustoff oder im Untertageversatz ergeben sich für das Berichtsjahr 2017 folgende Zahlen:

2. Klimaschutzpotenzial der thermischen Abfallbehandlung mit Fokus auf HMV-Schlacken

2.1. Beitrag der thermischen Abfallbehandlung zum Klimaschutz im Überblick

Die deutsche Abfall- und Recyclingwirtschaft kann durchaus beachtliche Zahlen zum Klimaschutz liefern. So hat sie laut dem Verein *Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft e.V.* in den vergangenen 20 Jahren mehr als 55 Millionen Tonnen Kohlendioxid (CO₂)-Äquivalente pro Jahr eingespart. Dieser historische Erfolg resultiert aus dem sachgerechten Zusammenspiel von stofflicher und energetischer Verwertung. Neben den CO₂-Einsparungen durch die stoffliche Verwertung von geeigneten Fraktionen, wie z.B. Metall, Glas, Kunststoffen und Holz, aber auch Bioabfall, haben die Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in der Vergangenheit bereits einen sehr bedeutenden Anteil der relevanten Treibhausgasemissionsminderung der Kreislaufwirtschaft durch Vermeidung entsprechender Deponiegasemissionen (aus der Deponierung unbehandelter Siedlungsabfälle) gewährleistet und leisten darüber hinaus einen wertvollen Beitrag zum Klimaschutz – unter anderem durch die Substitution fossiler Energieträger sowie durch die Verwertung von Metallen und mineralischen Ersatzbaustoffen aus der HMV-Schlacke. Auch in 2019 entlasten die Thermischen Abfallbehandlungsanlagen (ITAD-Mitglieder) in Deutschland die Atmosphäre um rund 6 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (Tabelle 3).

Tabelle 3: Klimarelevante Emissionen aus der thermischen Abfallbehandlung

Klimarelevante Emissionen durch TAB/ITAD 2018				
Abfallfraktion	Menge	Emissionsfaktor		Emissionen
	t	t CO ₂ ,eq/t Abfall	Bemerkung	t CO ₂ ,eq
Hausmüll (AVV 200301)	12.140.000	0,315	Quelle: Biliteswki (2011), ITAD 2018	3.842.000
AVV 191210 und 191212	7.991.000	0,468		3.740.000
Sonstige Abfälle	3.824.000	0,446		1.706.000
Summe / Durchschnitt	23.955.000	0,387		9.269.000
Fremdenergie (Abschätzung)			Quelle: ITAD	200.000
Entlastung durch Substitution				
Energie	Menge	Substitutionsfaktor		Emissionen
	MWh	t CO ₂ ,eq / MWh	Bemerkung	t CO ₂ ,eq
Strom (prod.)	10.663.000	0,759	Quelle: UBA (2018), ITAD	8.093.000
Prozessdampf (exp.)	11.900.000	0,360		4.284.000
Fernwärme (exp.)	8.921.000	0,220		1.963.000
Summe/Durchschnitt	30.530.000	0,470		14.340.000
Metallverwertung aus Abfall (22,7 kg reine Metalle/t – 65,3 t CO ₂ ,eq/t Abfall)			Quelle: EdDE, ITAD	1.564.000
Saldo	Entlastung etwa 6,4 Millionen. t. bzw. etwa 0,269 t CO ₂ ,eq/t Abfall			

Quelle: ITAD Jahresbericht 2019

2.2. Beitrag der Verwertung von HMV-Schlacken zum Klimaschutz

Bei der Berechnung des Klimaschutzpotenzial der thermischen Abfallbehandlung inklusive der Schlackenaufbereitung stammt der überwiegende Anteil der CO₂-Gutschriften mit mehr als 14 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten aus der Substitution von fossilen Energieträgern durch Strom, Prozessdampf sowie Fern- und Nahwärme, die Gutschriften aus der Metallverwertung aus der HMV-Schlacke sind in den letzten Jahren auf rund 1,5 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente gestiegen (vergleiche Tabelle 4). Jedoch leistet gegebenenfalls auch die Substitution mineralischer Baustoffe (im weiteren Verlauf beispielhaft Schotter) durch den Ersatzbaustoff *Schlacke* einen zusätzlichen Beitrag zum Klimaschutz. Daher wird im Folgenden zwischen den Beiträgen aus der Metallverwertung sowie aus der Verwertung der mineralischen Fraktion differenziert.

2.2.1. Beitrag aus der Verwertung von Eisen und Nichteisenmetallen

Mit den Zahlen aus der IGAM-ITAD-Jahresumfrage 2019, aktuellen CO₂-Gutschriften für Sekundärmetalle [4] sowie einer praxisgerechten Aufteilung der Nichteisenmetalle in 70 Prozent Aluminium und 30 Prozent Kupfer kommt man in der detaillierteren Betrachtung zu noch etwas höheren CO₂-Gutschriften als in der allgemeinen Betrachtung der ITAD aufgeführt (Tabelle 4).

Fraktion	Menge	spez. CO ₂ -Gutschrift	CO ₂ -Gutschrift
	t/a	t _{CO₂} /t _{Metall}	t _{CO₂-Äquivalente} /a
Fe-Metalle	382.118	1,75	668.706
NE-Metalle	95.553		
Anteil Al	66.887	12,58	841.442
Anteil Cu	28.666	4,76	136.450
Gesamtgutschrift			1.646.599

Tabelle 4:

CO₂-Gutschriften aus der Metallverwertung

2.2.2. Beitrag aus der Verwertung der mineralischen Fraktion

Zahlen hinsichtlich des Beitrages sind nur schwer in der Literatur zu ermitteln, sicherlich bedingt durch den eher geringen Beitrag der Verwertung der mineralischen Fraktion zum Klimaschutz, da die äquivalenten Primärstoffe (Kies, Sand, Schotter) mit entsprechend geringem Energieaufwand zu gewinnen sind.

Hinweise auf einen geringen, aber vorhandenen Beitrag der Verwertung der mineralischen Fraktion aus der Schlackenaufbereitung liefert die UBA-Studie *Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz* [1]. Hier wurde im Rahmen einer Sensitivitätsbetrachtung zum Klimaschutzpotenzial für verschiedene MVA-Szenarien (Zusammenspiels der stofflichen und der energetischen Verwertung bei der thermischen Abfallbehandlung mit unterschiedlichem Fokus auf die beiden Verwertungsoptionen) auch die Schlackenaufbereitung in Bezug auf die Substitution von Schottermaterial durch entsprechend gütegesicherte HMV-Schlacke betrachtet. Weitere Details z.B. zu Bilanzierungsgrenzen/Randbedingungen hinsichtlich des dort angegebenen Wertes von 3,9 Kilogramm CO₂-Äquivalenten pro Gewichtstonne substituiertem Schottermaterial sind nicht aufgeführt.

Unter der Voraussetzung, dass nur außerhalb von Deponien in technischen Bauwerken verwertete HMV-Schlacke entsprechend den Primärrohstoff Schotter ersetzt, berechnet sich gemäß Tabelle 5 der aktuelle Beitrag zum Klimaschutz mit rund 3.300 Tonnen CO₂-Äquivalenten. Dies ist im Vergleich zu den CO₂-Gutschriften aus der Substitution der Metalle (rund 1,6 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente) eher vernachlässigbar.

Setzt man eine Verwertungsquote von 90 Prozent in technischen Bauwerken voraus, verfünffacht sich zwar die Höhe der CO₂-Gutschriften, bleibt aber weiter bei nur einem Prozent der Gutschriften aus der Metallverwertung

Tabelle 5: CO₂-Gutschriften aus der Verwertung der mineralischen Fraktion

Fraktion	Menge	spez. CO ₂ -Gutschrift*	CO ₂ -Gutschrift
	t/a	t _{CO₂} /t _{HMV-Schlacke}	t _{CO₂-Äquivalente} /a
HMV-Schlacke in techn. Bauwerken 2017 [Umfrage]	856.707	3,9	3.341
HMV-Schlacke bei 90 % Verwertung in techn. Bauwerken	4.257.824	3,9	16.606
Potenzial bei Steigerung der Verwertung in techn. Bauwerken	3.401.117		13.264

*) Substitution Schotter [Fehrenbach et al.]

Quellen:

Fehrenbach: Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz, 2007, Oktober, ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung im Auftrag des Umweltbundesamtes

Umfrage: Umfrage der Bundesverbände IGAM (Interessengemeinschaft der Aufbereiter für Müllverbrennungsschlacken) und ITAD (Interessengemeinschaft der Thermischen Abfall-behandlungsanlagen in Deutschland e.V.) für den Berichtszeitraum 2017, 2019, Mai

2.2.3. Gesamtbeitrag aus der Verwertung von HMV-Schlacke

Auf Basis der Ergebnisse der Tabellen 3 und 5 ergibt sich ein Gesamtbeitrag der HMV-Schlacke zum Klimaschutz von knapp 1,65 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten. Dieser Beitrag wird maßgeblich durch die Verwertung der aus der HMV-Schlacke aussortierten Eisen- und Nichteisenmetalle bestimmt.

3. Zusammenfassung und Ausblick

Aufgrund der Entwicklung der letzten Jahre mit einer deutlichen Steigerung der aus der HMV-Schlacke separierten Eisen- und Nichteisenmetalle kann man festhalten, dass die Schlackenaufbereitung einen wesentlichen Beitrag zum Gesamtklimaschutzpotenzial der thermischen Abfallbehandlung mit einem Anteil an der Netto-Entlastung von rund 20 Prozent ausmacht.

Eine weitere, deutliche Steigerung ist aufgrund der bereits heute realisierten hohen Abscheideraten von rund 90 Prozent bei den Eisenmetallen und etwa 60 Prozent bei den Nichteisenmetallen nicht zu erwarten.

Der Anteil der Klimaschutzgutschriften aus der Verwertung der mineralischen Fraktion ist in der Gesamtbetrachtung zwar sehr gering, allerdings besteht hier durch den Ausbau der Verwertungsmöglichkeiten die Chance, diesen Beitrag um rund

13.000 Tonnen CO₂-Äquivalente zu steigern. Auch wenn dieser Beitrag vergleichsweise gering ist, sollten die Substitutionsfaktoren für mineralische Primärrohstoffe (Kies, Sand und Schotter) durch HMV-Schlacke aktualisiert werden.

Grundsätzlich sollte aber bei der Betrachtung der thermischen Abfallbehandlung inklusive der Schlackenaufbereitung nicht ausschließlich der Aspekt des Klimaschutzes im Fokus stehen, neben weiteren, wichtigen Wirkungskategorien einer umfassenden ökobilanziellen Betrachtung muss z.B. auch die Schonung von Deponieraum durch die Verwertung mineralischer Ersatzbaustoffe wie HMV-Schlacke in technischen Bauwerken berücksichtigt werden.

4. Quellen

- [1] Fehrenbach, Giegrich, Mahmood: Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz, 2007, Oktober, ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung im Auftrag des Umweltbundesamtes
- [2] ITAD Jahresbericht 2019
- [3] Umfrage der Bundesverbände IGAM (Interessengemeinschaft der Aufbereiter für Müllverbrennungsschlacken) und ITAD (Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.) für den Berichtszeitraum 2017, 2019, Mai
- [4] www.remex.de/nachhaltigkeit

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Carsten Spohn

ITAD – Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen Deutschland e.V.

Geschäftsführer

Peter-Müller-Straße 16a

40468 Düsseldorf, Deutschland

+49 211 936760934

spohn@itad.de