

Charakterisierung, Aufbereitung und Verwertung von Hausmüllverbrennungsroostaschen in Betonprodukten

Iveta Vateva, David Laner

Hintergrund

Hausmüllverbrennungsrosta-sche (HMV-Asche):

- Mengenmäßig größter Festrückstand nach der Abfallverbrennung (ca. 6 Mio. t/a in Deutschland) (ITAD 2021)
- Aktuelle Nutzung: Ersatzbaustoff (17%), Deponiebaustoff (64%), Beseitigung (19%) (ITAD 2021)
- Potential zur Nutzung in Betonprodukten aufgrund der chemischen und physikalischen Eigenschaften

Beton:

- Meistgenutzter Baustoff weltweit, bestehend aus Wasser, Zement, Gesteinskörnungen und Additiven
- Ressourcen- und energieintensiv in der Herstellung
- Treibhausgasemissionen v.a. durch die Zementherstellung verursacht

Vorteile bei Nutzung von HMV-Aschen in Betonprodukten:

- Erschließung hochwertiger, qualitätsgesicherter und ökologisch optimaler Verwertungswege für HMV-Asche
- Reduktion des Anteils an HMV-Asche, der auf Deponien landet
- Verringerung des ökologischen Fußabdrucks von Betonprodukten

1 m³ Beton
200 kg CO₂-Äq.

1 t Zement
600 kg CO₂-Äq.

Ergebnisse

- Etwa 60% der gesamten HMV-Asche können als Zielfractionen in Beton eingesetzt werden.
- Nach der konventionellen Aufbereitung verbleibt ein relevanter Anteil an Metallen in der mineralischen Restfraction. Um Kreisläufe zu schließen und die Qualität der Mineralik zu verbessern, ist eine weitergehende Metallsortierung erforderlich (Abb. 4).
- Die Grenzwerte der Ersatzbaustoffverordnung werden selbst nach weitergehender Aufbereitung für einzelne Stoffe (z.B. Mo) überschritten (Abb. 5).

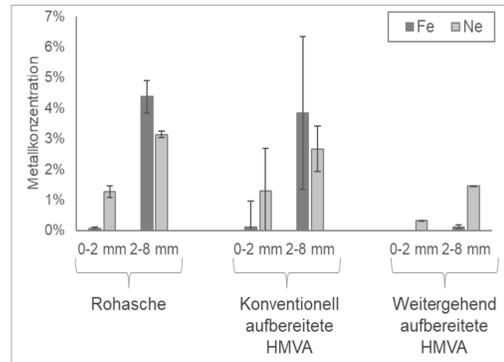


Abb. 4: Metallgehalte in roher, konventionell und weitergehend aufbereiteter HMV-Asche

- Das Waschen der Mittelkornfraktion (2-8 mm) reduzierte die Gehalte an löslichen Salzen und Schwermetallen. Durch die nachgeschaltete Metallsortierung konnten zusätzlich Metalle ausgetragen und die Qualität der mineralischen Fraktion verbessert werden.
- Die gemahlene Feinfraktion (0-2 mm) hatte eine ähnliche Sieblinie wie Zement. Durch sequentielles Mahlen und Sieben wurden Fe-Metalle vollständig und NE-Metalle weitgehend (Restgehalt von 0,3%, hauptsächlich Al) aus der gemahlene HMV-Asche entfernt.
- Hinsichtlich der Festigkeiten unterscheiden sich die HMV-Pflastersteinmischungen in Abhängigkeit von den substituierten Anteilen durch HMV-Asche (Tab. 1). Die HMV-PS-1 liegt im Bereich der Anforderungen an Pflastersteinen (3,6 MPa). Die HMV-PS-2 erfüllt diese knapp nicht, während die HMV-PS-4 die Anforderungen deutlich verfehlt.

Ziel

- Repräsentative Charakterisierung von Hausmüllverbrennungsaschen hinsichtlich ihrer Wert- und Schadstoffpotentiale
- Identifizierung ökologisch vorteilhafter Aufbereitungs- und Verwertungspfade

Material & Methoden

Die untersuchten HMV-Aschen stammen aus dem MKW Kassel (Abb. 1). Jährlich fallen dort ca. 50.000 t HMV-Aschen an.



Abb. 1: Müllheizkraftwerk Kassel



Abb. 2: Vorgehensweise zur Identifikation der optimalsten Aufbereitungs- und Verwertungsrouten

Nutzung der aufbereiteten HMV-Aschefractionen in Pflastersteinen:

- Gemahlene Feinfraktion (0-2 mm) als Zementersatz
- Mittlere Fraktion (2-8 mm) als Ersatz für natürliche Gesteinskörnungen
- Prüfung der HMV-Pflastersteine hinsichtlich der Spaltzugfestigkeit nach DIN EN 1338

Alle untersuchten Aufbereitungs- und Verwertungsrouten wurden bilanziert:

- Material- und Stoffflussanalysen
- Energieverbrauch
- Ökobilanz

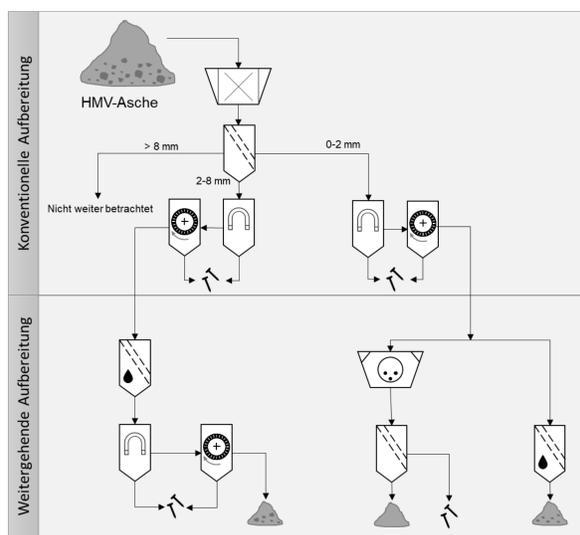


Abb. 3: Vereinfachtes Aufbereitungsschema für HMV-Aschen für die Nutzung in Betonprodukten

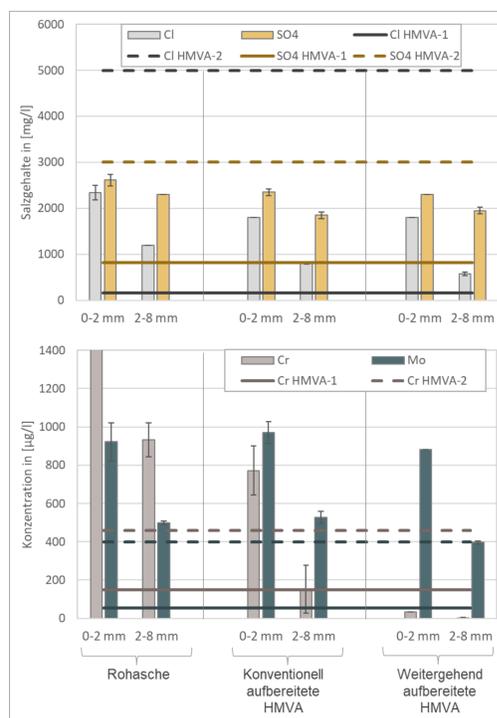


Abb. 5: Ausgewählte lösliche Parameter in roher, konventionell und weitergehend aufbereiteter HMV-Asche

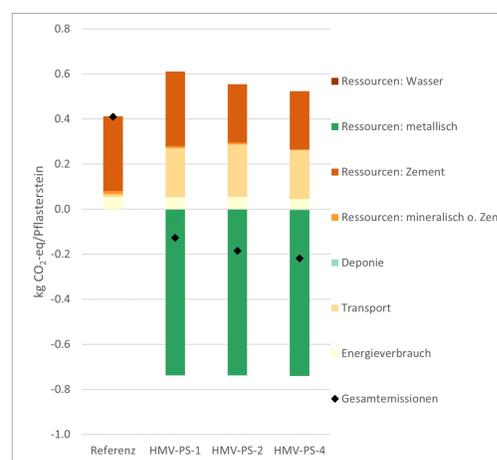


Abb. 6: Ökobilanz der Aufbereitung von HMV-Asche und ihre Verwertung in Pflastersteinen für die Wirkungskategorie Treibhausgaspotential

Tab. 1: Zusammensetzung der Pflastersteinmischungen mit HMV-Asche

Pflastersteinmischung	Bindemittel	Gesteinskörnung	Spaltzugfestigkeit
Referenz	Typischer Pflasterstein		5,5 MPa
HMV-PS-1	100% CEM II	0-2 mm Sand 2-8 mm HMV-Asche 8-11 mm Kiessplitt	3,6 MPa
HMV-PS-2	80% CEM II 20% HMV-Asche	0-2 mm Sand 2-8 mm HMV-Asche 8-11 mm Kiessplitt	3,4 MPa
HMV-PS-4	80% CEM II 20% HMV-Asche	0-2 mm HMV-Asche 2-8 mm HMV-Asche 8-11 mm Kiessplitt	1,9 MPa

- Die CO₂-Gutschriften sind hauptsächlich durch die zusätzliche Metallrückgewinnung in der Nachsortierung verursacht (Abb. 6). Nichtsdestotrotz werden 0,07 kg CO₂-eq pro Pflasterstein durch die Substitution von 10% Zement eingespart. Bei einer jährlichen Produktion von Pflastersteinen von etwa 3 Mrd. Stück in Deutschland entspricht das einer CO₂-Ersparnis von über 200.000 t allein durch die 10%ige Zementsubstitution.

Fazit

- Eine Kombination aus konventioneller und gezielter weitergehender Aufbereitung für bestimmte Kornfraktionen der HMV-Asche ist sinnvoll.
- Lösliche Salze und einige Schwermetalle sind kritisch in Bezug auf eine Verwertung im Sinne der Ersatzbaustoffverordnung.
- Zielprodukt Pflasterstein: vollständige Substitution der Gesteinskörnung 2-8 mm liefert Festigkeiten, die der Norm entsprechen.
- Die durch die weitergehende Metallaufbereitung zurückgewonnene Metalle wirken sich positiv auf das CO₂-Einsparpotenzial aus. Trotz des zusätzlichen Aufbereitungsaufwands für die HMV-Asche weist der HMV-Pflasterstein eine bessere Ökobilanz auf als herkömmliche Pflastersteine.



Quellen:
ITAD (2021): Jahresbericht 2021. Hg.: ITAD – Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.
DIN EN 1338 (2003-08): Pflastersteine aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren