

Nutzung von optimierten Fraktionen der Hausmüllverbrennungsasche als Gesteinskörnung und Zementersatz in Betonprodukten

Iveta Vateva, Marcel Laabs, Bernhard Middendorf und David Laner

Recy & DepoTech 2024
Leoben

15.11.2024



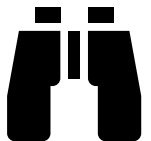
Motivation und Ziel



Methoden



Ergebnisse



Fazit und Ausblick

Projekt HMV-Öko-Beton

- Titel: HMV-Öko-Beton - Ökologische Optimierung von Betonprodukten durch Nutzung mineralischer Fraktionen von Hausmüllverbrennungs-Rostasche
- Gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt
- Projektlaufzeit: September 2021 – August 2023
- Projektkonsortium:
 - FG Ressourcenmanagement und Abfalltechnik
 - FG Werkstoffe des Bauwesens und Bauchemie
 - BAUREKA Baustoff-Recycling GmbH
 - KIMM GmbH & Co. KG
 - Müllheizkraftwerk (MHKW) Kassel GmbH

} Universität Kassel

} Unternehmenspartner

} assoziierter Partner



U N I K A S S E L | B A U I N G E N I E U R
V E R S I T Ä T | U N D
U M W E L T
I N G E N I E U R W E S E N

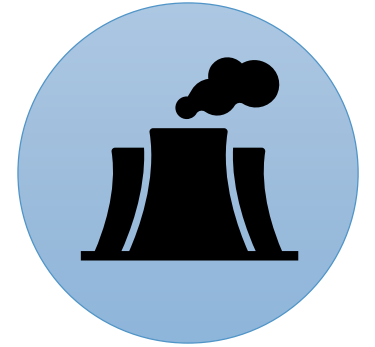


Beton ist ressourcen- und energieintensiv

- 200 kg CO₂-Äq. pro m³ Beton
- Größter Beitrag durch die Zementherstellung (IBU 2018; VDZ 2022)



**1 m³ Beton
200 kg CO₂-Äq.**



**1 t Zement
600 kg CO₂-Äq.**

5 Mio. t Rostaschen aus der Abfallverbrennung in Deutschland jährlich

- 90 % mineralisch
- Etwa 2/3 werden beseitigt oder im Deponiebau verwertet (ITAD 2021)

Nutzung von HMVA in Beton

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

Entwicklung geeigneter Aufbereitungspfade für HMVA zur Nutzung mineralischer Fraktionen als Ersatz für Gesteinskörnungen und Bindemittel in Betonprodukten

Vorgehensweise

Probenahme



Charakterisierung:

- Korngrößenverteilung
- Materialzusammensetzung
- Elementarzusammensetzung
- Eluatanalyse
- Konzentration an metallischem Al und Zn



Aufbereitung:

- Im Labor- und Pilotmaßstab
- Trockene und nasse Aufbereitungsschritte
- Korngrößenspezifische Aufbereitung



Nutzung:

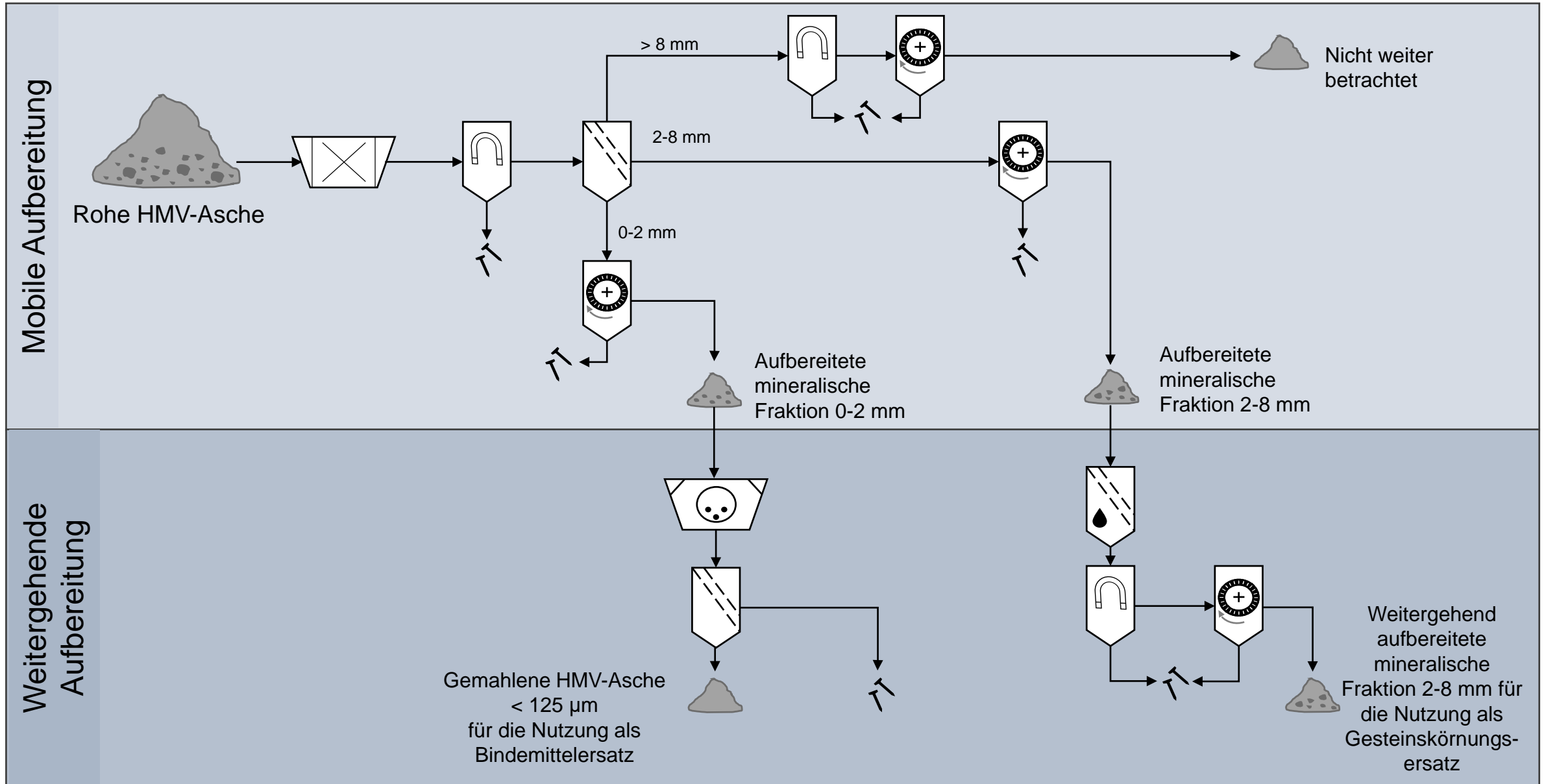
- Herstellung von Betonpflastersteinen mit unterschiedlichen Anteilen an HMV-Asche



Evaluation

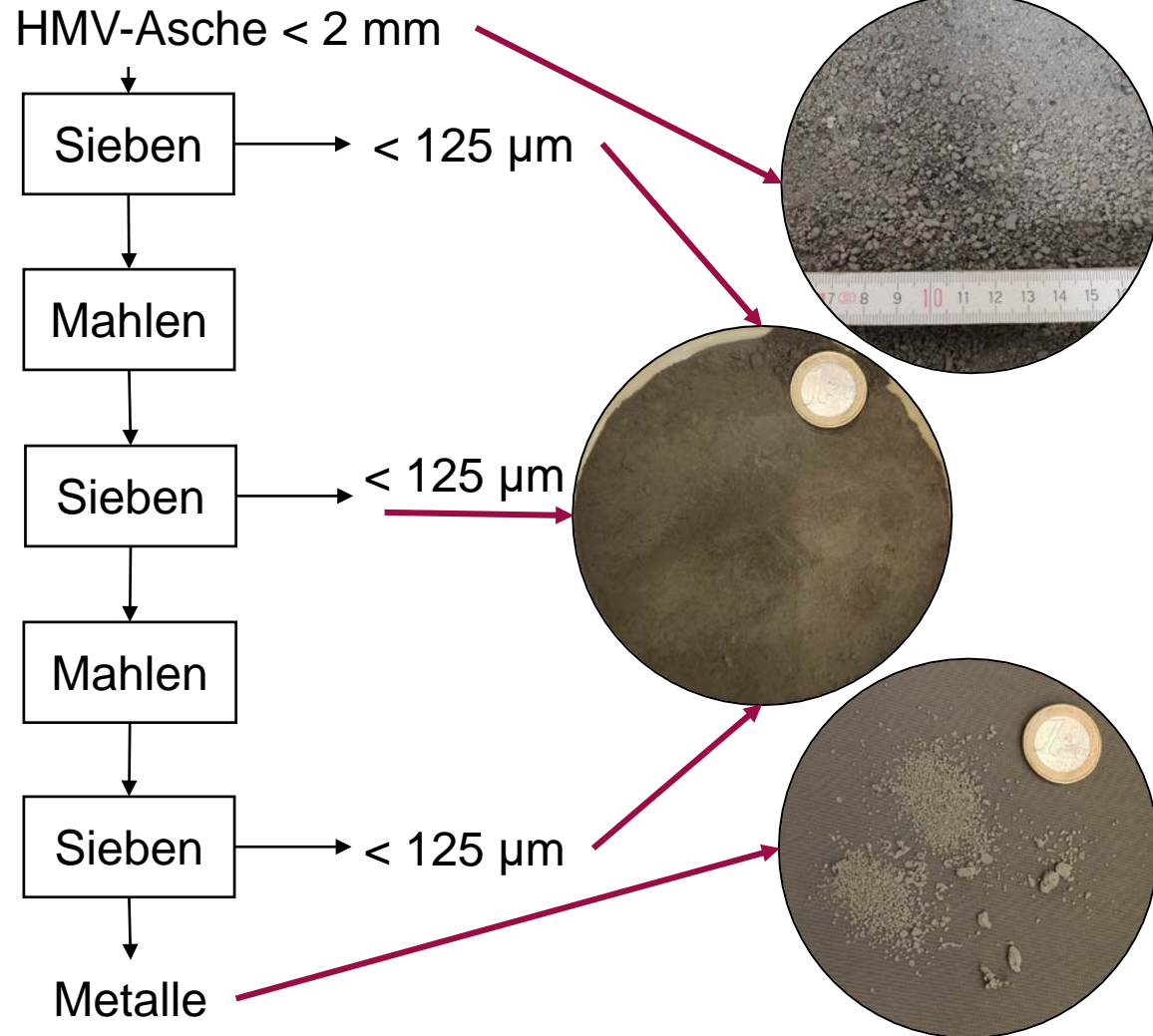


Schematische Darstellung der Aufbereitungspfade

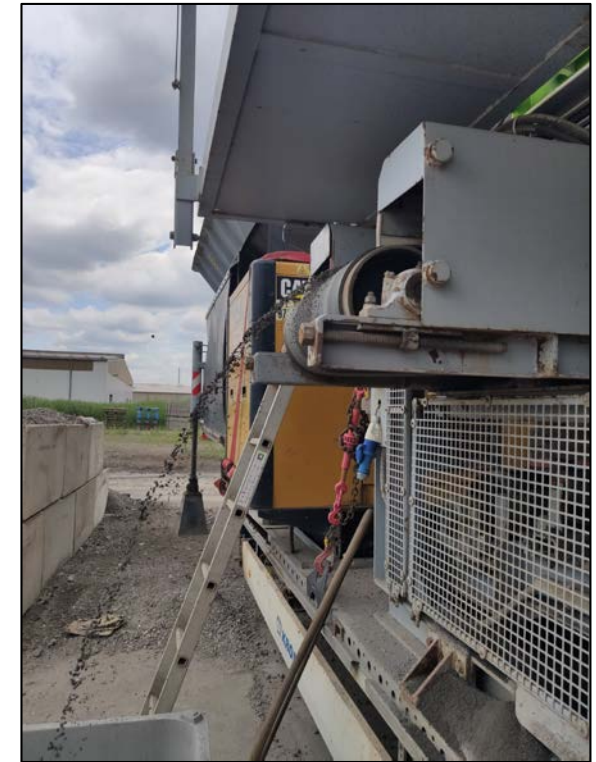


Weitergehende Aufbereitung

Mahlen und Sieben (0-2 mm)



Waschen und weitergehende Metallsortierung (2-8 mm)



Betonpflastersteinherstellung mit HMV-Asche

Referenz



- 180 kg CEM II/B-S 52,5N
- 99 kg Kalksteinmehl
- 1,4 kg Verdichtungshilfe für erdfeuchten Beton
- 885 kg Sand 0/2
- 673 kg Kies 2/8
- 383 kg Kiessplitt 8/11
- 125 l Wasser

Mischung 1



- 100 % Substitution der Gesteinskörnung 2-8 mm

Mischung 2



- 100 % Substitution der Gesteinskörnung 2-8 mm
- 11% Substitution des Zements

Prüfung nach DIN EN 1338

CDF-Test

Spaltzugfestigkeit

$$\bar{T} \geq 3,6 \text{ MPa}$$
$$T_i \geq 2,9 \text{ MPa}$$

Abriebwiderstand

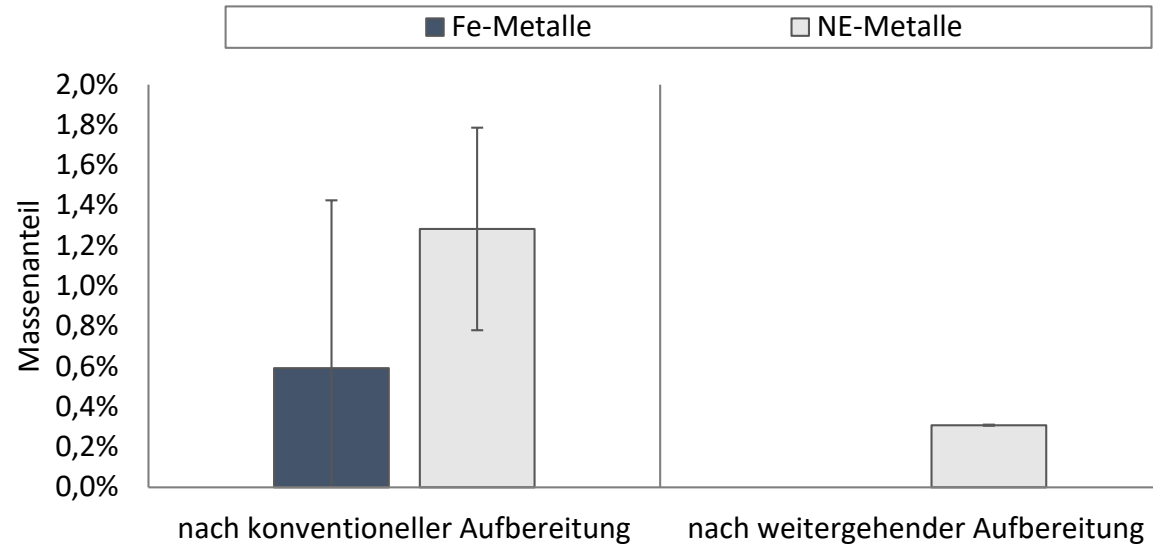
Klasse 1: keine Anforderung
Klasse 3: $\leq 20\,000 \text{ mm}^3$
Klasse 4: $\leq 18\,000 \text{ mm}^3$

Frostbeständigkeit

Abwitterung $\leq 1,0 \text{ kg/m}^2$ als Mittelwert
Einzelwert $\leq 1,5 \text{ kg/m}^2$

Metallreduktion

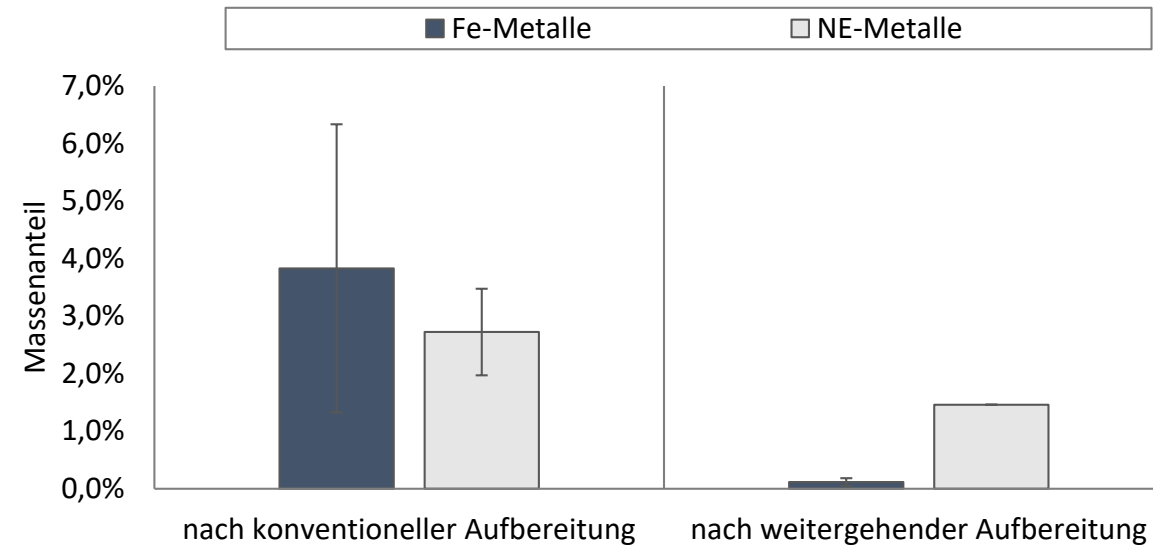
0-2 mm



Reduktion von

- 100% für die Fe-Metalle
- 76% für die NE-Metalle

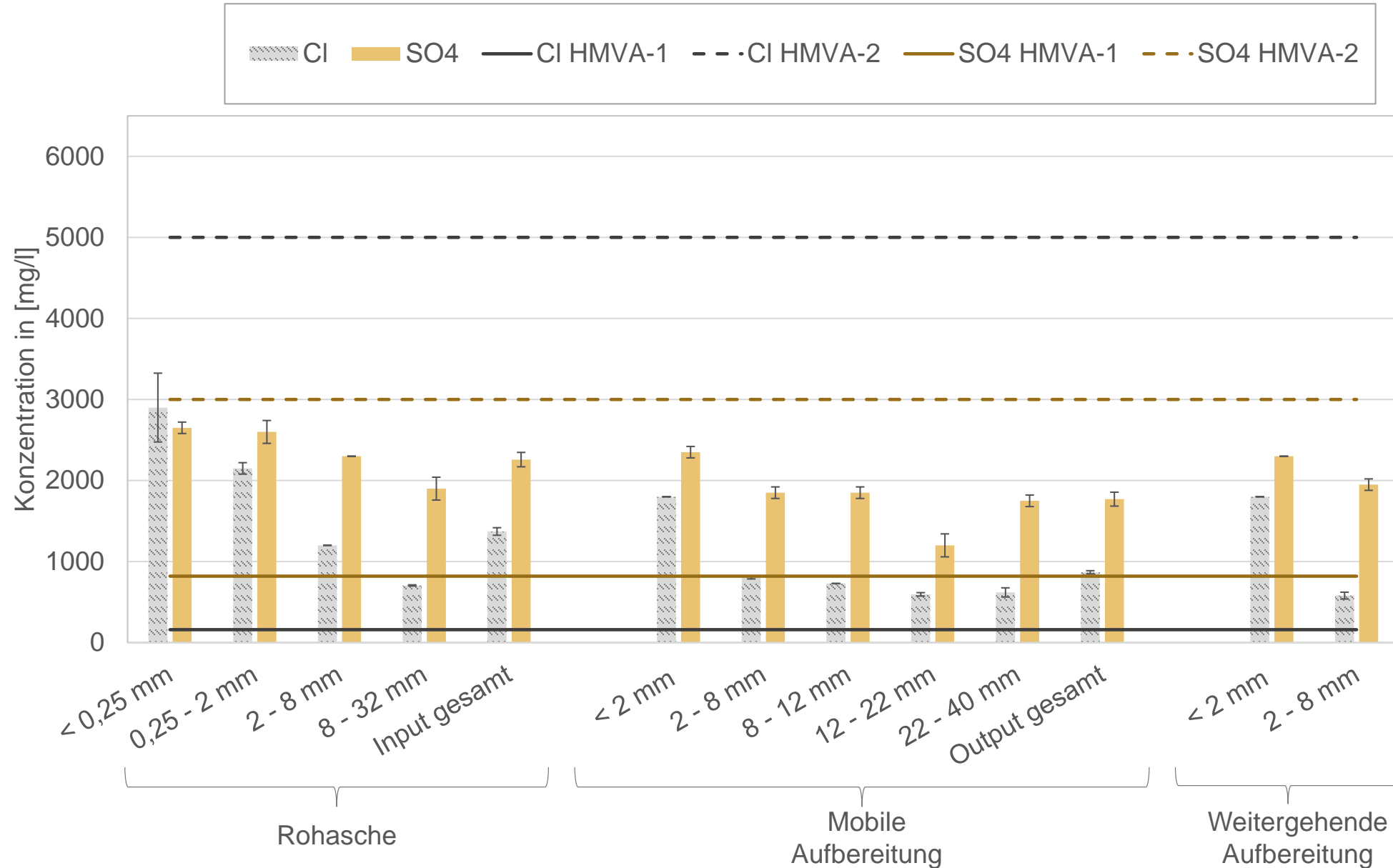
2-8 mm



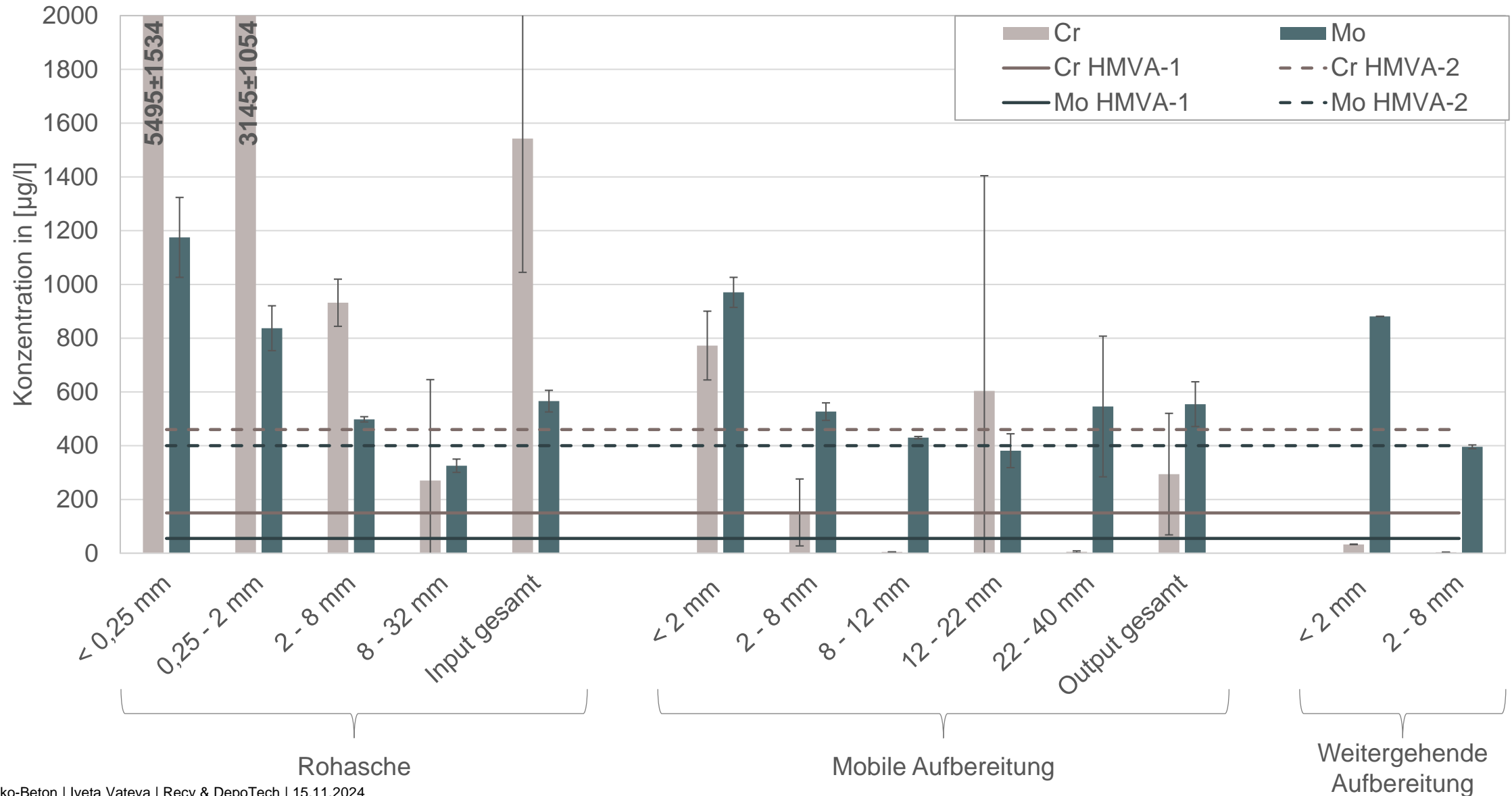
Reduktion von

- 97% für die Fe-Metalle
- 47% für die NE-Metalle

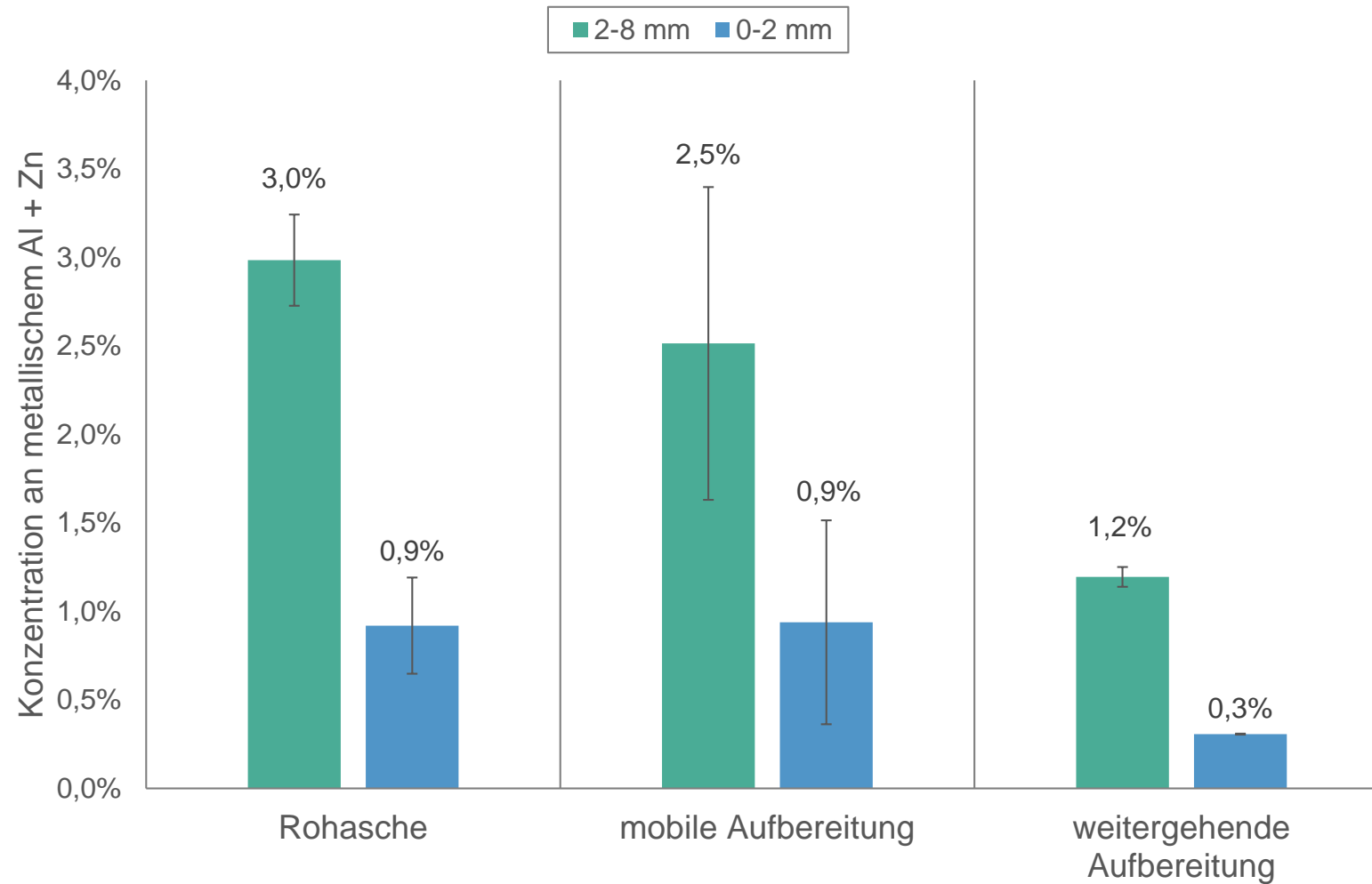
Lösliche Salze vor sowie nach mobiler und weitergehender Aufbereitung



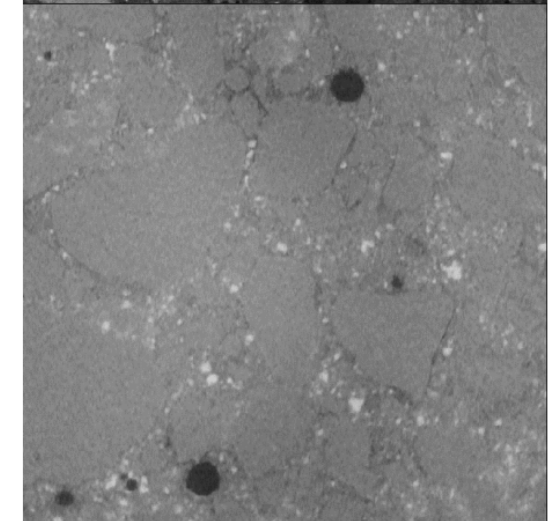
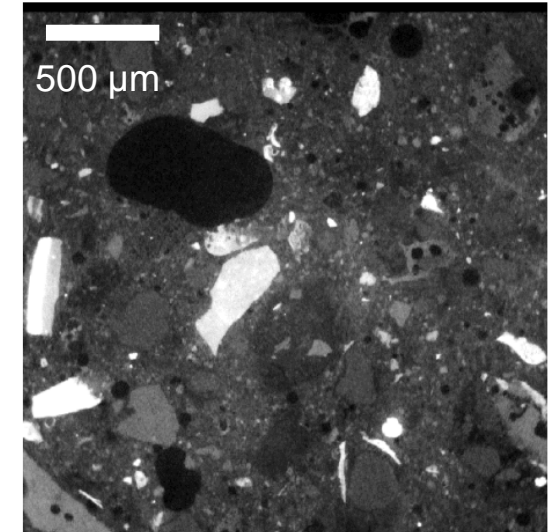
Cr und Mo vor und nach der Aufbereitung



Metallisches Al + Zn und Auswirkung auf die Porosität



Normprisma mit HMV-Asche



Referenz-Normprisma

Anforderungen an Pflastersteinen

Referenz



Mischung 1

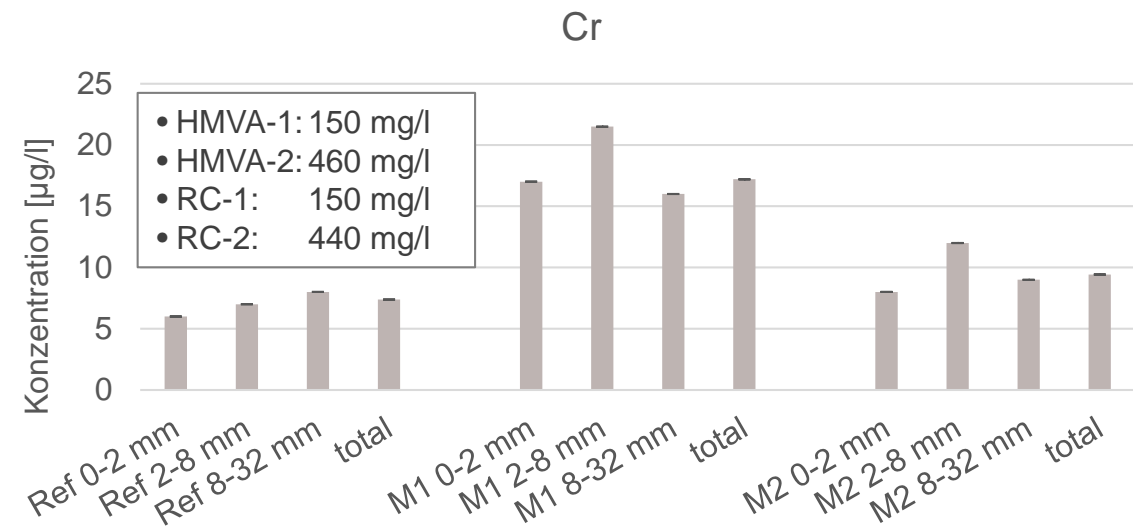
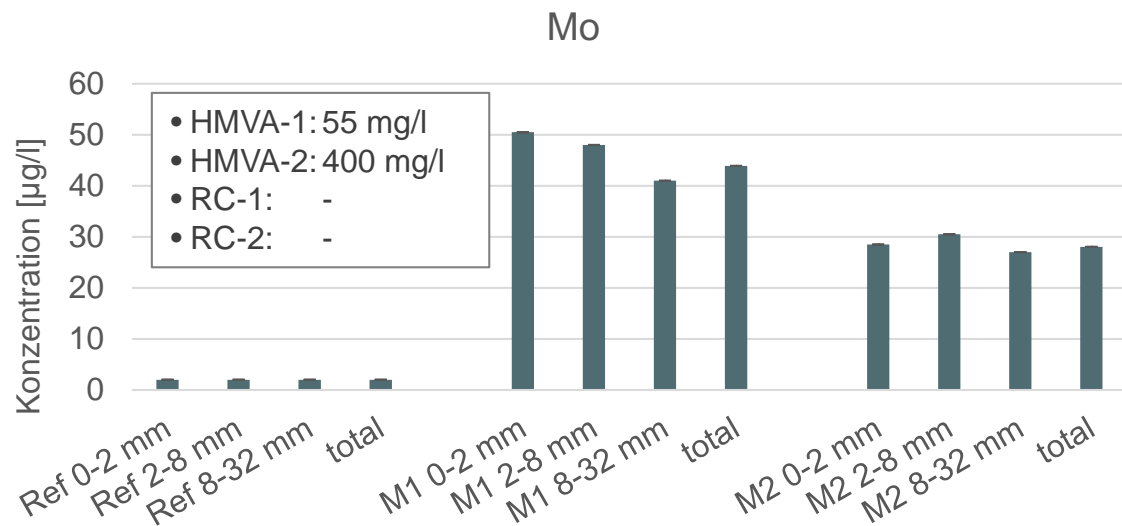
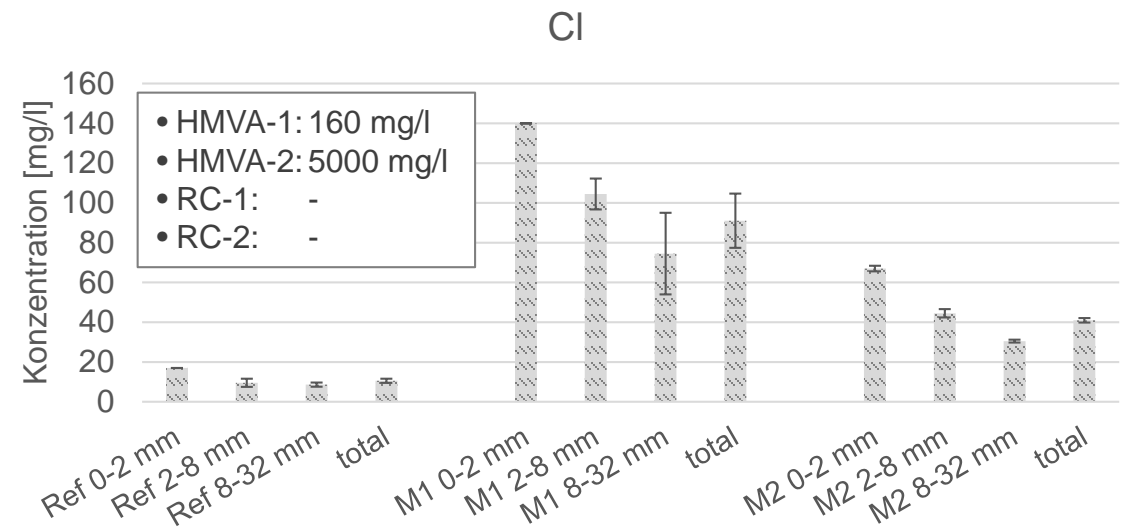
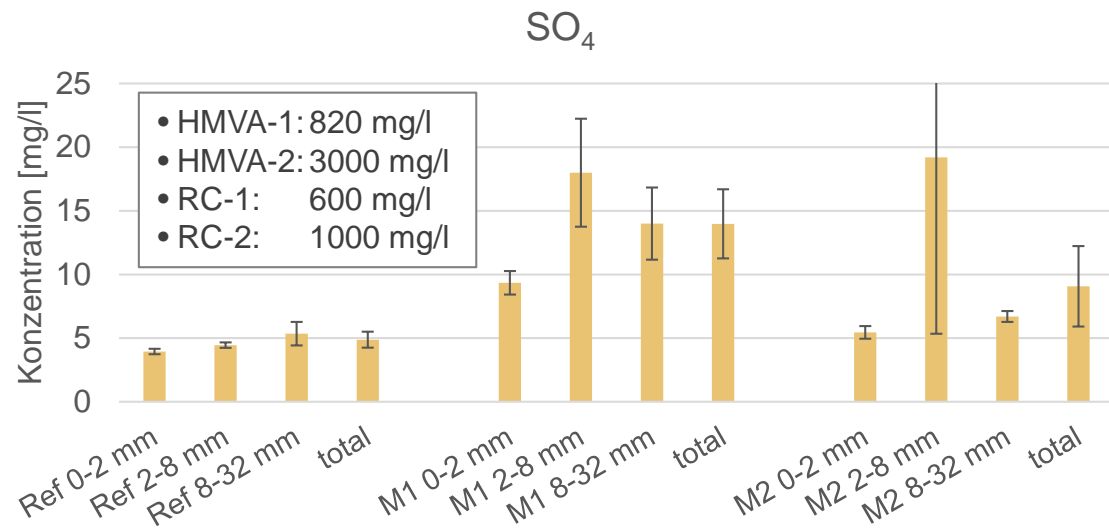


Mischung 2



	Referenz		Mischung 1		Mischung 2	
Spaltzugfestigkeit	4,6 MPa	✓	2,8 MPa	✗	3,6 MPa	✓
Abriebwiderstand	9.500 mm ³	✓	14.700 mm ³	✓	7.600 mm ³	✓
CDF-Test	0,3 kg/m ²	✓	0,7 kg/m ²	✓	3,8 kg/m ²	✗

Schadstofffreisetzung (aus gebrochenen Pflastersteinen)

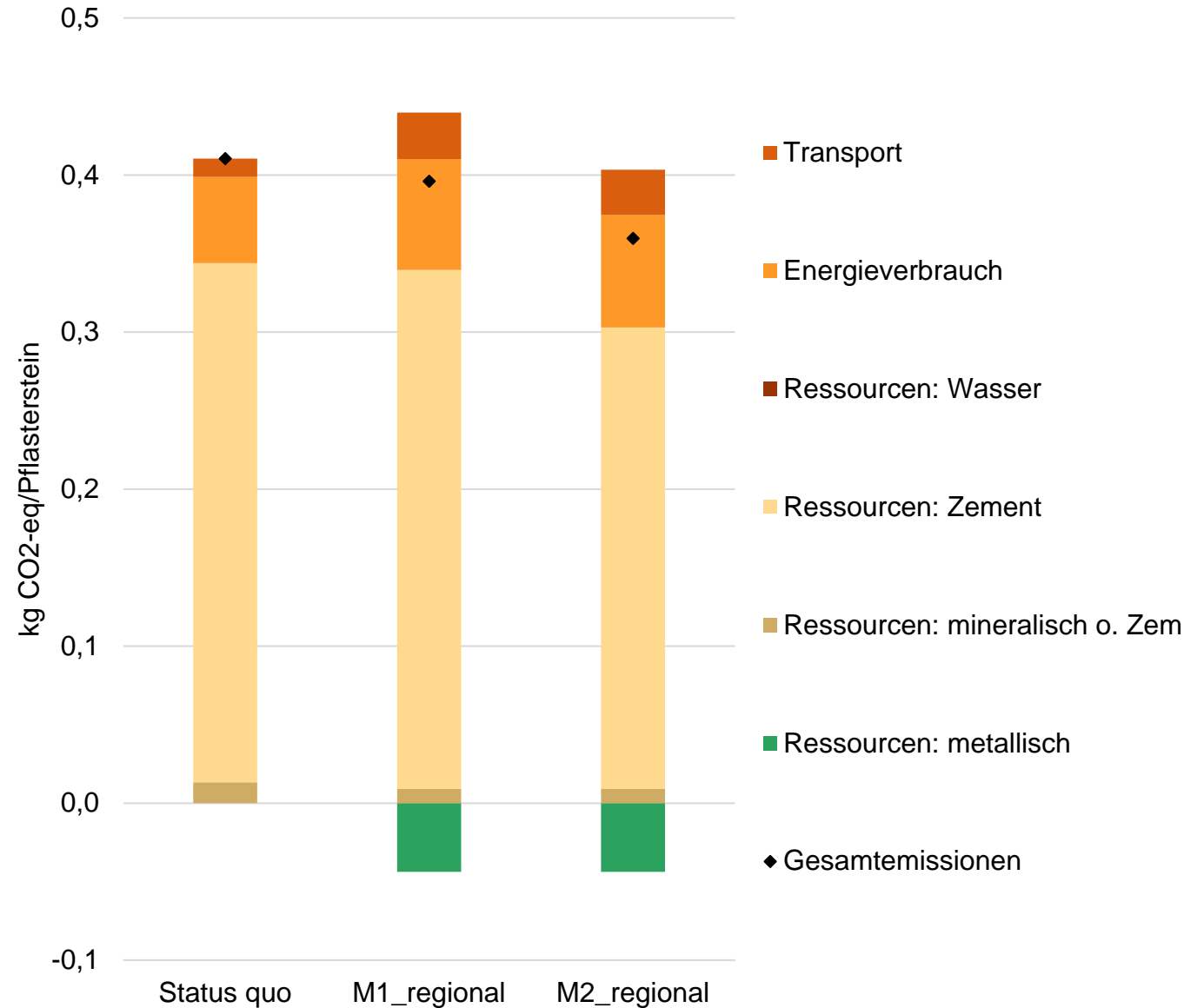


Ökobilanzielle Bewertung: Treibhausgas-Bilanz



CO₂-Einsparungen:

- Zusätzliche Metallrückgewinnung (44g CO₂-eq je Pflasterstein)
- Zementersatz durch gemahlene Feinasche (37 g CO₂-eq je Pflasterstein)



Fazit

- Kornfraktionsspezifische Aufbereitung und Nutzung
- Lösliche Salze und Mo kritisch in Bezug auf EBV
- Hohe Metallreduktion erreicht, insb. des metallischen Aluminiums
- Trotz hoher Metallreduktion wirkt sich das verbleibende metallische Al negativ auf die Festigkeit aufgrund der Porenbildung
- Einbindung von Schadstoffen in den CSH-Phasen
- Erhöhung des Recyclingniveaus der HMV-Asche und Reduktion der Umweltauswirkungen

Ausblick

- Optimierung der Betonrezepturen:
 - Vornässen der HMV-Asche
 - Einsatz von Zusatzmitteln
- Weitere Anwendungsmöglichkeiten mit geringeren Anforderungen an Frostbeständigkeit oder Spaltzugfestigkeit
- Betrachtung unterschiedlicher Aschen
- Langzeitverhalten der Betonprodukte (Monitoring auf Testflächen)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Iveta Vateva

Fachgebiet Ressourcenmanagement und Abfalltechnik
FB Bauingenieur- und Umweltingenieurwesen
Universität Kassel

E-Mail: iveta.vateva@uni-kassel.de



U N I K A S S E L | B A U I N G E N I E U R
V E R S I T Ä T | U N D
U M W E L T
I N G E N I E U R W E S E N

 **BAUREKA**

 **KIMM**

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de



Abschlussbericht zum Projekt HMV-Öko-Beton:



Vateva et al (submitted).: Treatment of fine and medium fractions of MSWI bottom ash for use in concrete: A German case study, under review