



HEIßGASFILTRATION UND IN-SITU SCHWERMETALLMODIFIKATION ZUR GEWINNUNG VON SCHWERMETALL-ABGEREICHERTEN ASCHEN AUS DER WIRBELSCHICHTVERBRENNUNG

Markus Reuther, Hannah Liphardt, TU Dresden – IAK
Dr. Uwe Petasch, Lasse Fabian Köhl, Fraunhofer IKTS
Holger Ullmann, LTC Lufttechnik Crimmitschau GmbH

20.06.2023



Klärschlammverbrennung in Deutschland

- 23 Klärschlammmonoverbrennungsanlagen^[1] (vorrangig Wirbelschichtverbrennung)
- Kapazität: : 1.124.000 t TM/a^[1]
- Ascheaufkommen steigend
- Große Anlagen vorhanden
 - Gutes Potential zur Aschegewinnung
- Zukünftige Anforderung
 - Phosphorrecycling
 - Nach aktuellen Schätzungen für 2028 59% ungedeckt^[1]

[1]: Stark&Allwicher, 2022



Abb. 1: Bestandsanlagen Klärschlammmonoverbrennung^[1]

Aktuelle Gesetzeslage und Handlungsbedarf

- **Deponierung oder anderweitige Verwertung, wenn Aschen DüMV nicht einhalten!**
- Einhaltung Schwermetallgrenzwerte für Zn, Cu, Pb, Ni, Cd, Hg, As, Cr(IV)
- Keine Kondensatfilterschlämme
- Keine Aschen aus dem Rauchgasweg, ausgenommen aus der ersten filternden Einheit
- Senkung Spurenmetallgehalte unter gesetzliche Grenzwerte
- Ggf. Granulierung notwendig

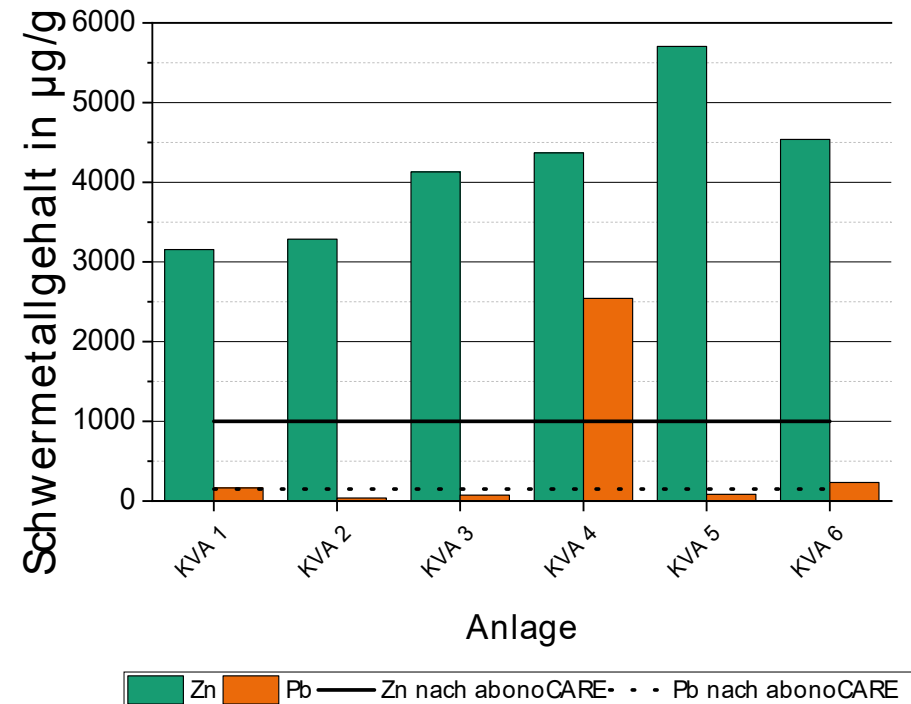


Abb. 2: Schwermetallgehalt einiger Klärschlammaschen

Aschemodifizierung und Fraktionierung

- Direkte Nutzung der Verbrennungstemperatur zur thermochemischen Modifizierung der Klärschlammasche mit speziellen Additiven
- Kopplung Aschemodifizierung und Abscheidung mittels Heißgasfiltration
- Abtrennung Schwermetalle im Heißgas durch Ausnutzung unterschiedlicher Volatilitäten
- Direkte Gewinnung schwermetall-abreicherter Aschen aus Verbrennung
- Energieeinsparung durch Eliminierung der thermischen Nachbehandlung

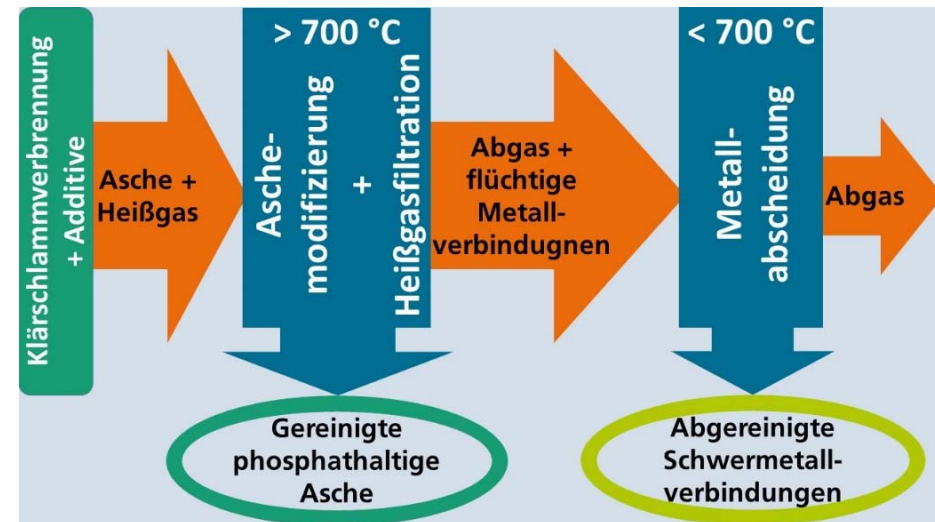


Abb. 3: Verfahrensschema Schwermetallentfrachtung

Wirbelschichtanlage VERENA

- Wirbelschichtverbrennung:
 - 850 – 1000 °C
- Heißgaszyklon:
 - 800 – 850 °C
- Luftvorwärmer:
 - 750 – 430 °C
- Gewebefilter:
 - < 180 °C

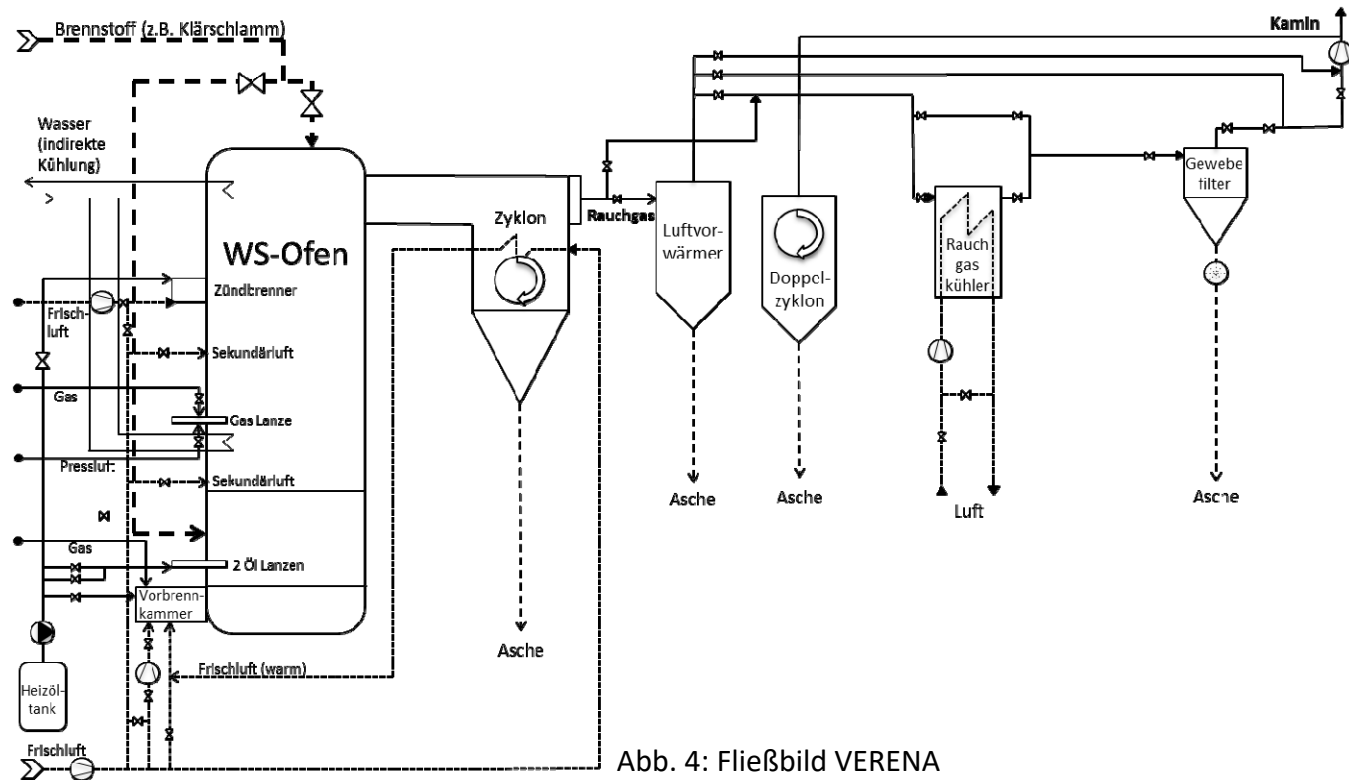


Abb. 4: Fließbild VERENA

Wirbelschichtanlage VERENA mit integrierter Heißgasfiltration

- Nutzung hohes Temperaturniveau durch Integration Heißgasfiltermodul nahe Brennkammer
- Betrieb im Bypass-Prinzip zum direkten Vergleich Zyklon und Heißgasfilter
- Untersuchungen zum Abscheidungsverhalten, Aschemodifizierung und Alterungsverhalten

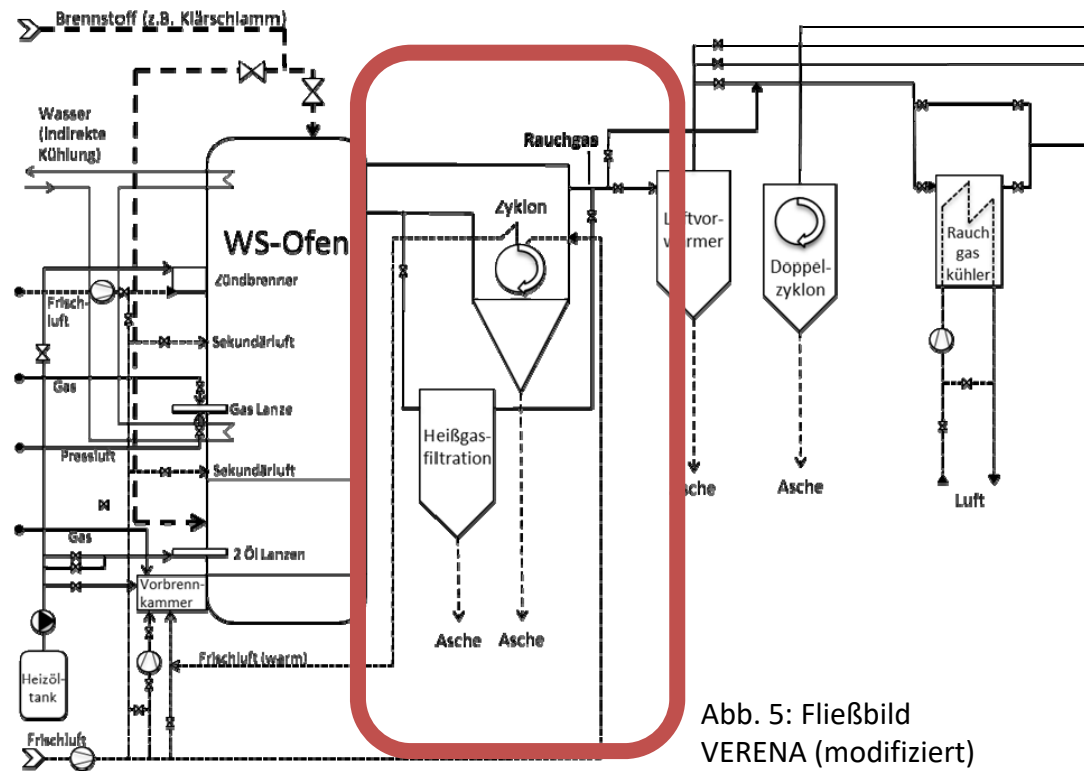


Abb. 5: Fließbild VERENA (modifiziert)

Technikumsversuchstand HGF zur Auslegung Filter an VERENA

- Untersuchungen zum Filtrationsverhalten und Beständigkeit verschiedener Filtermaterialien
- Anwendungstemperatur
 - 300 – 800 °C
- Flächenbelastung Filter
 - 0,5 – 1,5 m³/(m²*min)
- Volumenstrom Heißgas
 - 20 – 60 m³/h (über Bypass)
- Filterkerzen
 - 1 – 5 Stk.; Ø 60 mm x 1000 mm
 - 1 Stk.; Ø 150 mm x 1000 mm
- Puls-Jet-Abreinigung für kontinuierlichen Filterbetrieb

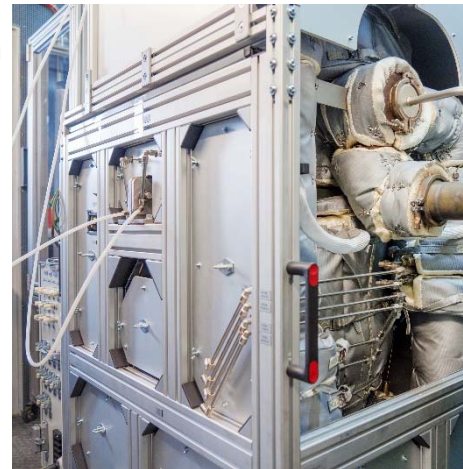
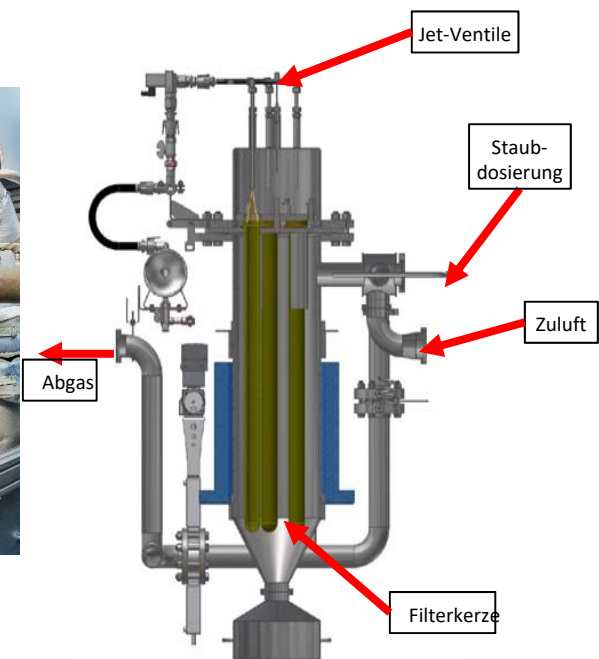


Abb. 6: Heißgasfiltermodul



Technikumsversuchstand HGF

- Bestäubung von Kerzen mit Prüfstaub (eskal500)
- Je höher die Temperatur, desto geringer die Rückgewinnungsrate
- Gegendruck nach Bestäubung steigt nicht stark an
- Gute Abreinigung und wenig fluidisierter Staub
- Auslegung des HGF und Übertragung auf VERENA



Abb.: 7 Agglomerierter und abgereinigter Staub



Abb.: 8: Filterkerzen nach Versuch mit Klärschlammasche (oben) und neue Kerzen (unten)

Planung Heißgasfilter für VERENA

- Installation am Kopf der Verbrennungsanlage
- Bypass zu normalem RG-Verlauf inkl. Rückführung
- Temperaturbereich 800 – 900 °C
- Avisierte Staubmenge: mind. 1 kg/h
- 7 Heißgasfilterkerzen für möglichst geringen Gegendruck bei benötigtem Volumenstrom und begrenztem Bauraum
- Reinigung mittels Jet-Pulse Abreinigung

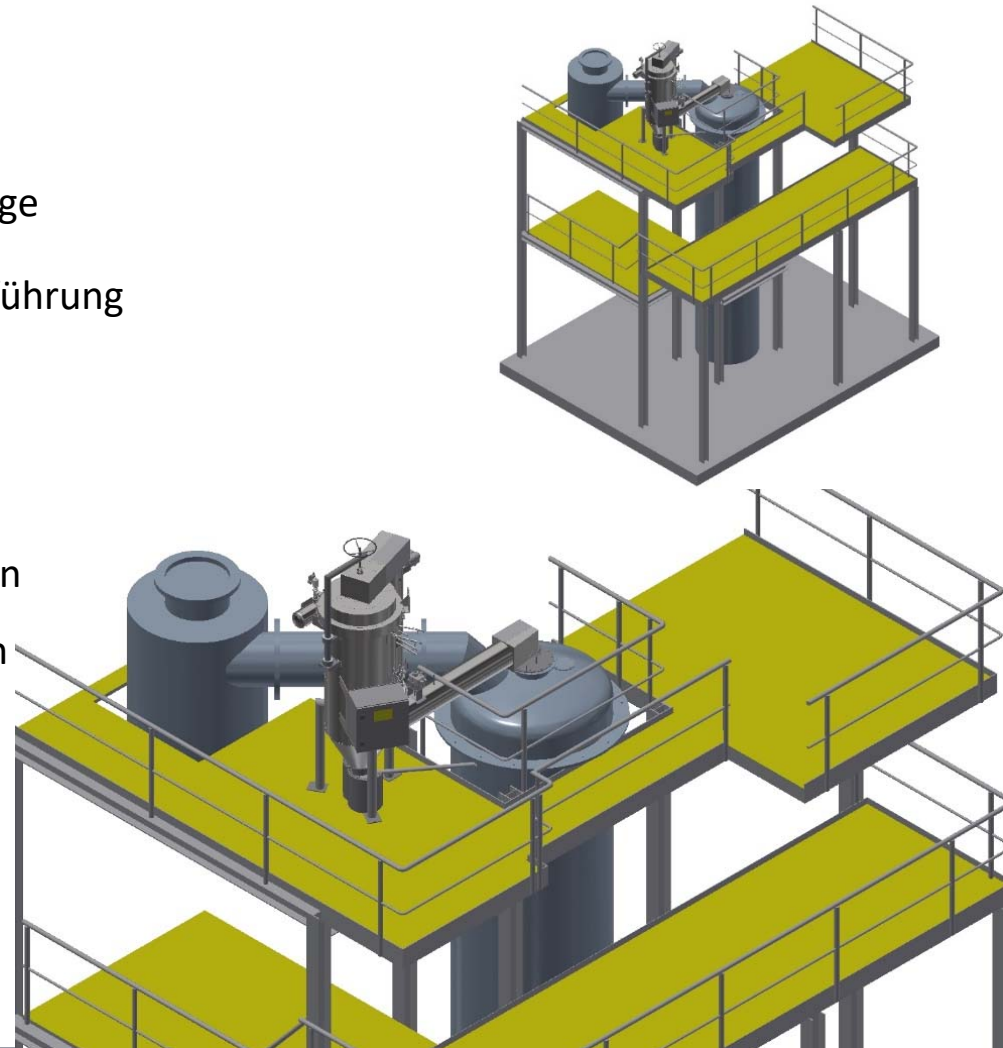


Abb. 9: Übersicht
Heißgasfiltermodul VERENA

Planung Additivdosierung für VERENA

- Homogene, kontinuierliche Einbringung der Additivlösung in Brennkammer
- Gleichstrom, Gegenstrom oder tangential zum Abgas
- Mögliche Additive: NaCl, KCl, MgCl₂, MgBr₂, KBr, NaBr
- Vorlangebehältervolumen muss für mind. 3 h Betrieb ausreichen (max. 750 l)
- Installation von Düsen am Kopf und Brennkammerwandung (knapp über Wirbelbett)
- Sehr stabile Rollplattform zur mobilen Bereitstellung
- Rührwerk und Pumpe über Schaltschrank steuerbar

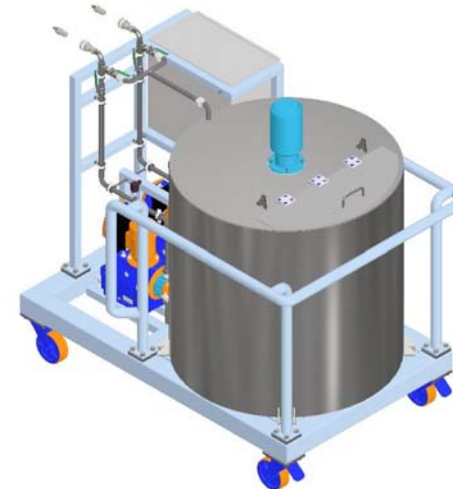


Abb. 10: Übersicht
Additivdosierung
VERENA

Einfluss Chlor- und Brom-haltiger Additive auf Schwermetallgehalt von Klärschlammmaschen

- Testung der Additive zur Schwermetallreduktion
- Klärschmallasche wurde im Laborreaktor mit Additiv gemischt, verbrannt und analysiert
- Chloride für Modellasche effektiver als Bromide
- NaCl und NH₄Cl weisen bestes reduktionspotential auf
- Cu und Zn am besten reduziert
- Grenzwerte der DüMV könnten durch Zugabe Modifizierer eingehalten werden
- Laborversuche geben Hinweis für Versuche in VERENA

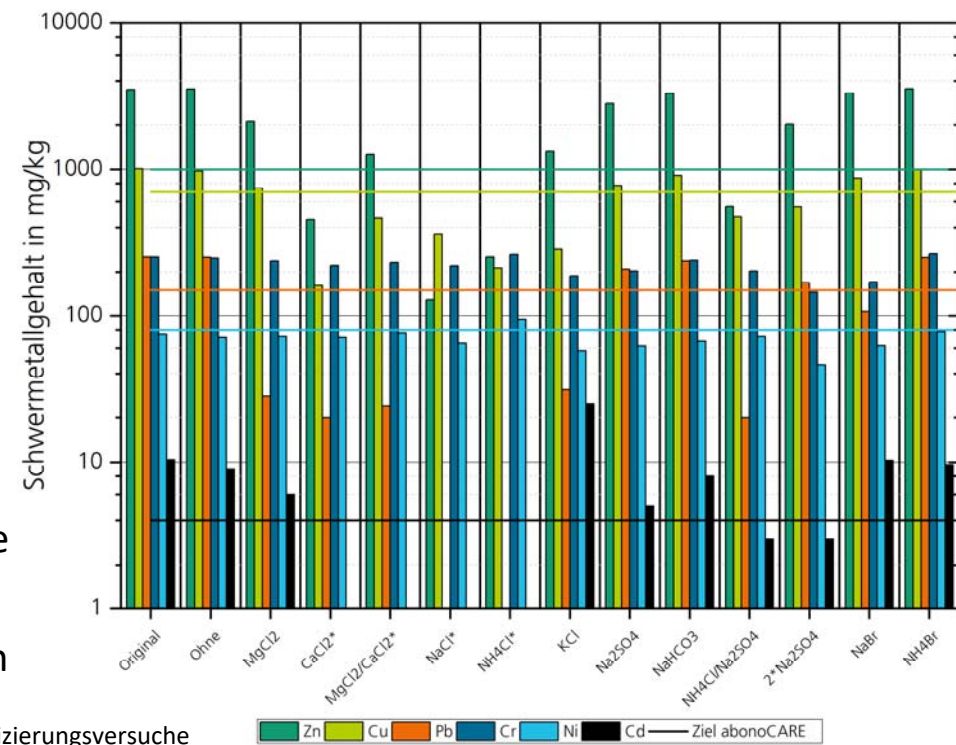
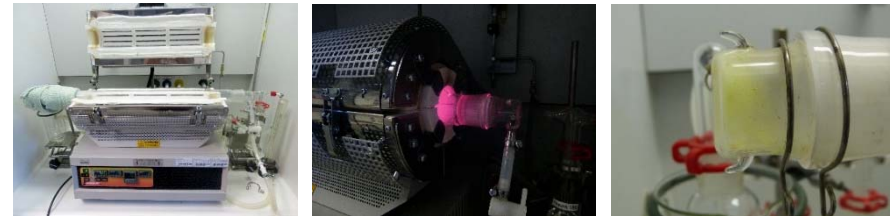


Abb. 11: Modifizierungsversuche IKTS (KSA)

Zielstellung In-Situ-Schwermetallmodifikation

Ziele:

- Reduktion relevanter Schwermetalle durch Additivzugabe bei Verbrennung org. Reststoffe (u.a. KS, KTK & HS)
- Ermittlung Prozessparameter (Temp., Additivkonz. etc.)
- Skalierung Laboruntersuchungen auf Technikumsanlage VERENA am IAK der TUD

Herangehensweise:

- Verschiedene labortechnische Untersuchungen in Muffel- und Quarzglasrohr → Ermittlung der relevanten Prozessparameter
- Technikumsversuche an Technikumsanlage VERENA mit integrierte Heißgasfiltration



Abb. 12: Labortechnischer Aufbau



Abb. 13: Technikumsanlage

Labortechnische Vorversuche zur Additivauswahl

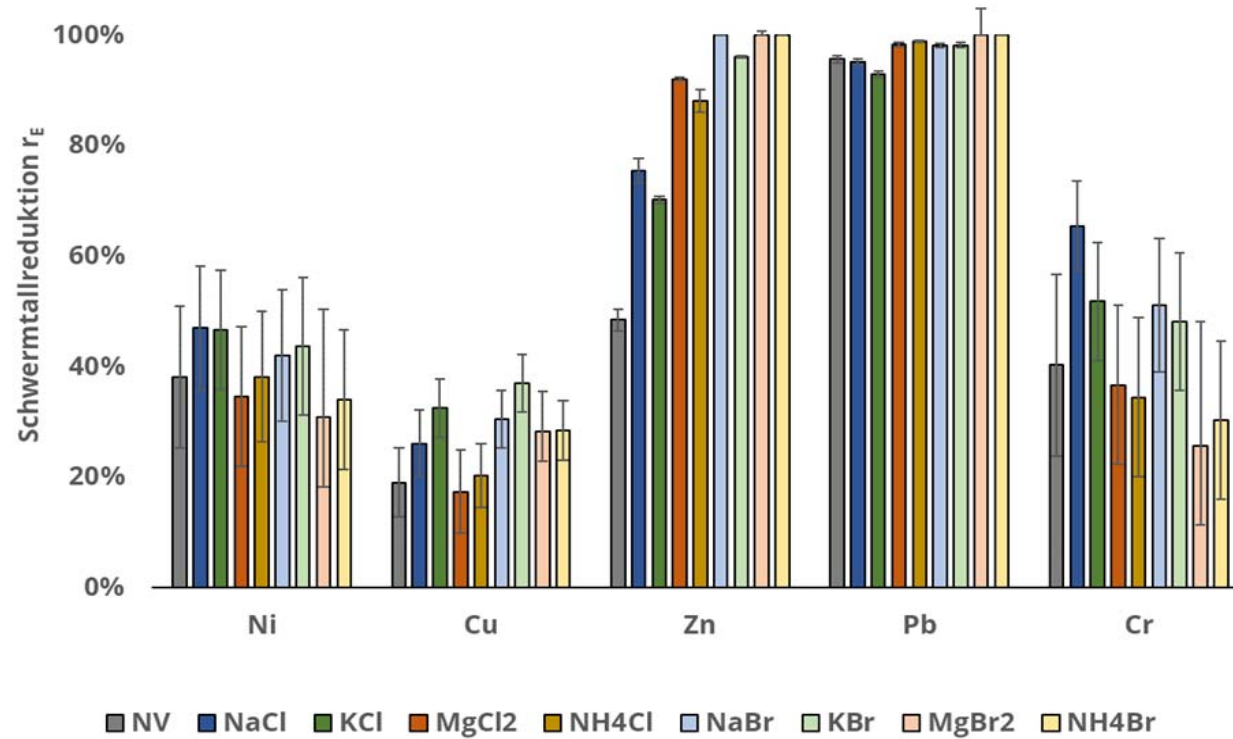


Abb. 14:
Schwermetall-
reduktion
labortechnische
Untersuchungen zur
Additivauswahl

Labortechnische Vorversuche zum Einfluss der Temperatur und der Additivkonzentration

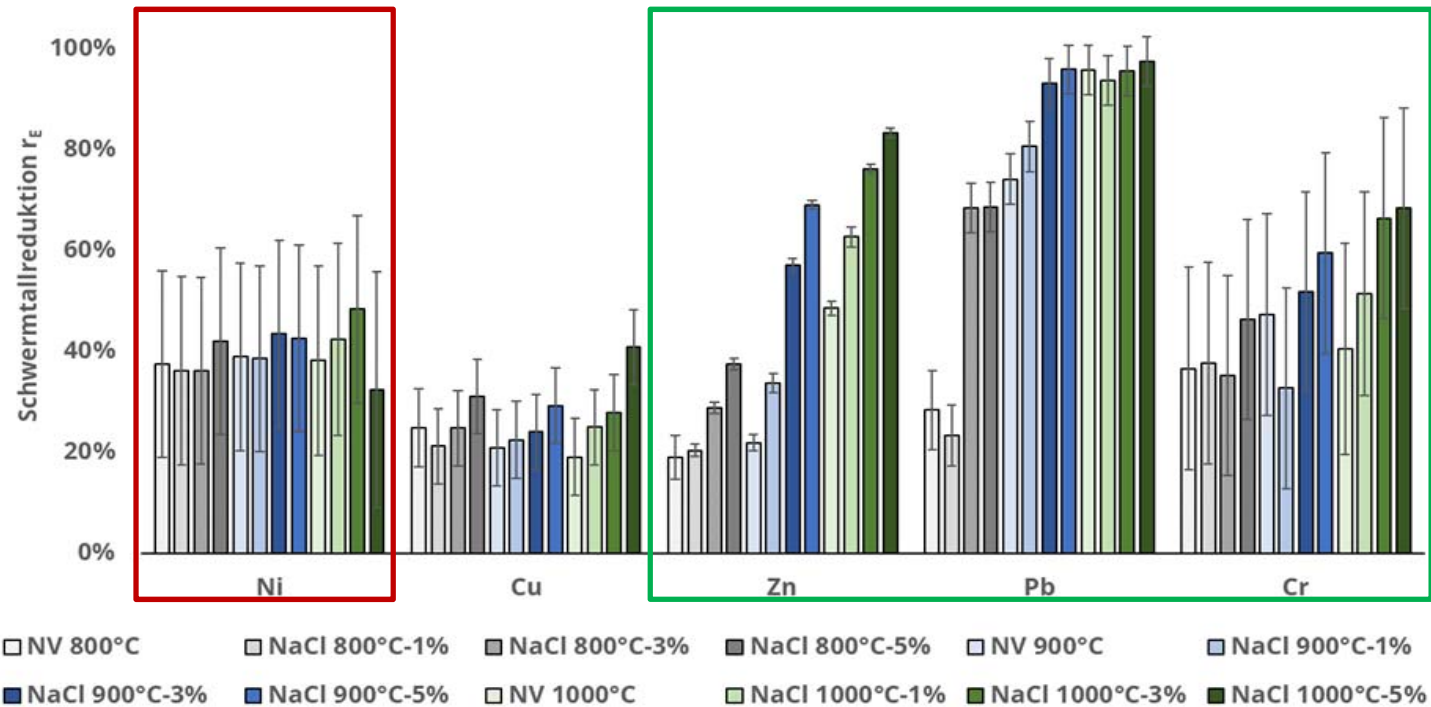


Abb. 15: Einfluss der Temperatur und Additivkonzentration auf die Schwermetallreduktion der labortechnischen Untersuchungen

Einbau Heißgasfilter in Versuchsanlage VERENA

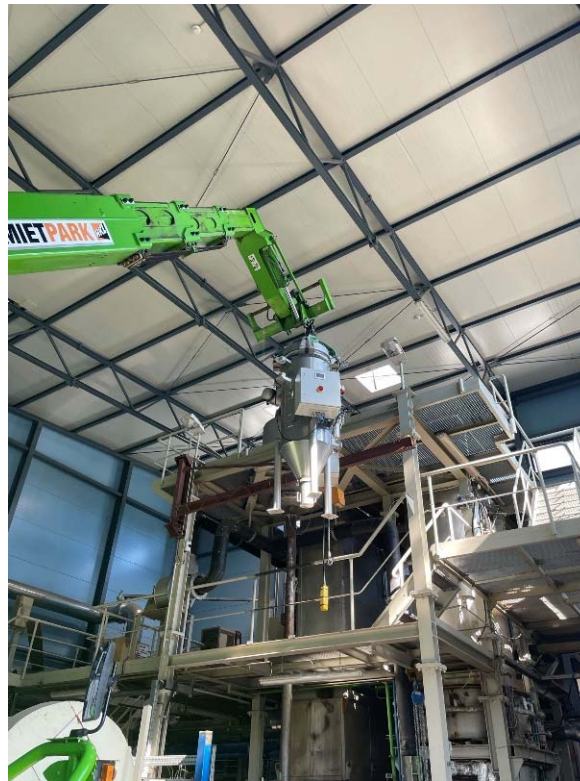


Abb. 16: Einbau Heißgasfilter

Heißgasfilter in Versuchsanlage VERENA



Abb. 17: Heißgasfilter

Technikumsversuche Versuchsanlage VERENA

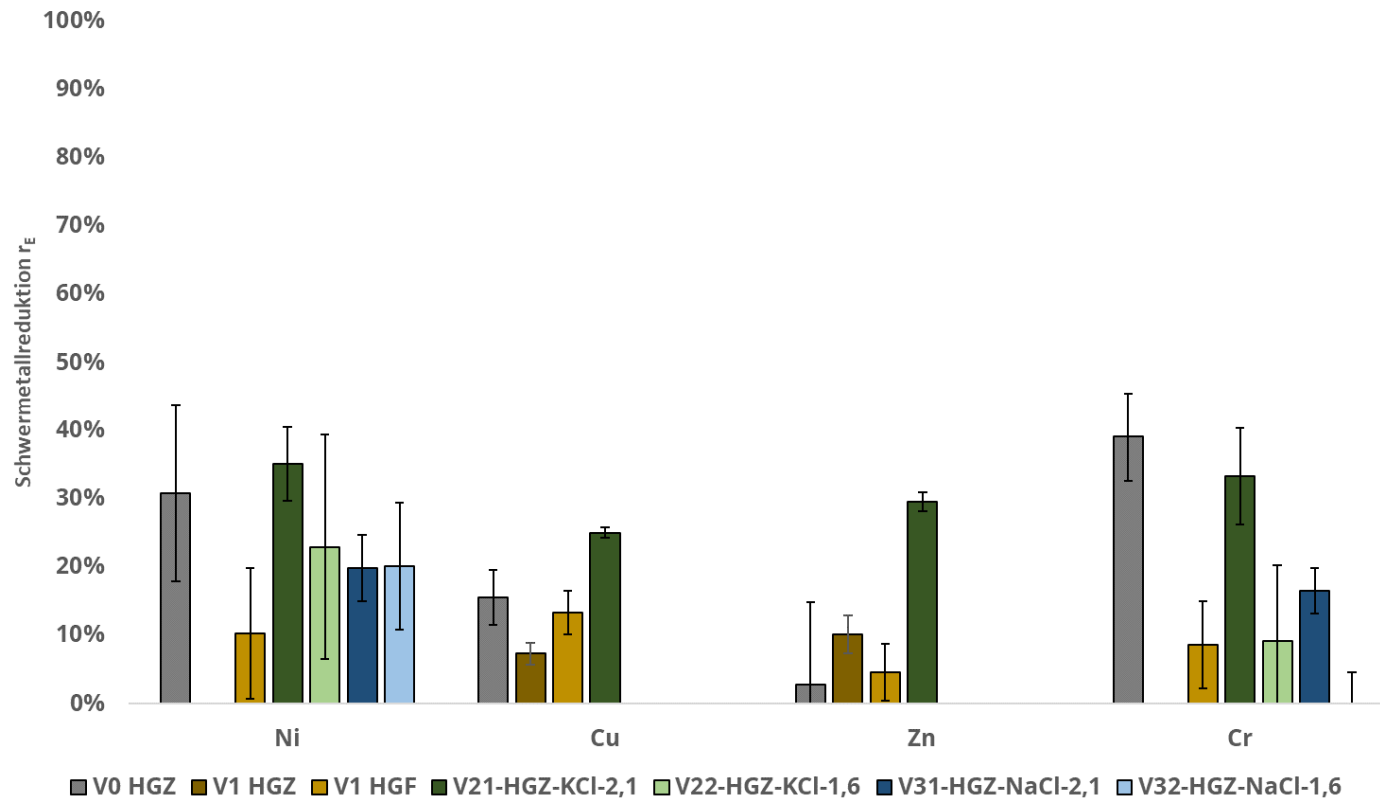


Abb. 18:
Schwermetall-
reduktion
Technikums-
versuche

Ergebnisse In-Situ-Schwermetallmodifikation

- Labortechnische Ergebnisse bestätigen Wirksamkeit von Halogeniden zur Schwermetallreduktion
- Positive Effekte von möglichst hohen Temperaturen und Additivkonzentrationen
- Skalierung in Technikumsanlage nicht erfolgreich:

Ursachen:

- geringe Verweilzeit (geringe Reaktionszeit)
- Nebenreaktionen mit Quarzsandbett
- Temperaturen der Ascheentnahme
- Hohe Eisen- und Aluminiumgehalte
- Hohe Luftzahlen WS-Verbrennung

Lösungsoptionen:

- Austausch Wirbelbett
- Optimierung Ascheentnahme
- Tausch Verbrennungsaggregat
- Rauchgasrezirkulation

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung:

- Erfolgreiche Laborversuche zur Schwermetallreduktion von Klärschlamm und Aschen
- Eignung keramischer Filterelemente konnte im Technikumsmaßstab bewiesen werden
 - Breites Partikelspektrum kann abgetrennt werden
 - Korrosionsangriff, der reduziert und optimiert werden kann
- Aufbau von Dosiereinrichtung und Heißgasfilter an Demonstratoranlage VERENA
- Skalierung in Technikumsanlage der Schwermetallentfrachtung durch Additive nicht erfolgreich

Ausblick:

- Weitere Entwicklung notwendig für Einsatz der Wirbelschicht zur Schwermetallreduktion
- Derzeit kein Verfahren zur Schwermetallreduktion, das großtechnisch in Wirbelschicht eingesetzt wird

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

