

# Darfs a bisserl mehr Service sein?

Wir unterstützen Sie gern



## Wartung & Instandsetzung

Für unsere Feuerungs- und Kesselanlagen bieten wir Ihnen:

- Jahres- und Kurzrevisionen
- Revisionsüberwachung
- Austausch und Instandsetzung von Komponenten
- Ersatzteillieferung
- Ersatzteilmanagement
- Zustandskontrollen
- Betrachtung der Restlebensdauer
- Wartungsverträge

## Optimierung & Modernisierung

Für alle MARTIN-Anlagen sowie Kessel für die Verbrennung von Abfällen und Biomasse bieten wir Ihnen:

- Modernisierung von MARTIN - Feuerung und -Regelung
- Modernisierung von Kessel und anderen Anlagenteilen
- Optimierung des Gesamtanlagenbetriebes
- Leistungssteigerung
- Verbesserung der Verfügbarkeit
- Steigerung der Restlebensdauer
- Neue Technologien

## Anlagenbau & Ingenieurleistungen

Als Ingenieurunternehmen mit fast 90 jährigem Erfahrungsschatz bieten wir Ihnen:

- Kompetenz im Anlagenbau
- Erarbeitung von Studien
- Auslegung und Konstruktion von Komponenten
- Messung, Analyse und Auswertung von Betriebsdaten
- Schulung für Betriebspersonal
- CFD-Modellierungen
- Allgemeine Betriebsberatung



**MARTIN GmbH**  
Für Umwelt- und Energietechnik

seit 1925

*Anlagenbau mit Blick auf die Umwelt*

## In die Feuerung integrierte Behandlung von Stäuben

Ralf Koralewska

1.	Brennbettuntersuchungen auf dem Rückschub-Rost .....	160
2.	Integrierte Behandlungsverfahren für Stäube .....	161
2.1.	SYNCOM-Plus .....	161
2.2.	Kesselascherückführung .....	165
2.3.	Elektrofilteraschebehandlung/ -rückführung .....	167
3.	Zusammenfassung und Ausblick .....	169
4.	Literaturverzeichnis .....	170

Weltweit hat sich die thermische Abfallbehandlung mit rostfeuerungs-basierten Systemen als die bevorzugte Lösung zur nachhaltigen Behandlung von Abfällen durchgesetzt. Bei der Mineralisierung der Abfälle auf dem Rost sowie der Abgasreinigung fallen je nach angewandter Technologie feste und flüssige Rückstände an (Bild 1).

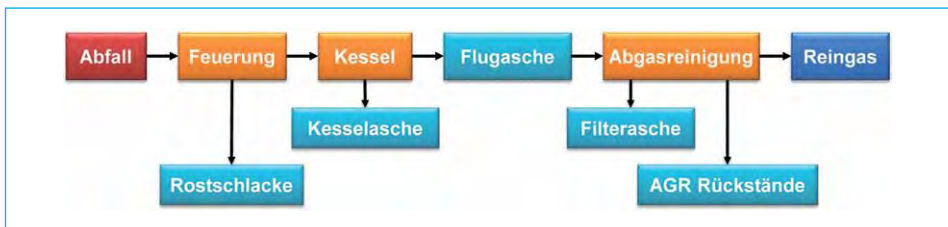


Bild 1: Rückstände der thermischen Abfallbehandlung

Bei den festen Rückständen stellt die Rostschlacke die größte Fraktion dar. Aufgrund der geringeren Schadstoffbelastung sowie einem hohen Anteil an rückgewinnbaren Wertstoffen (Fe-, NE-Metalle) ist jedoch ein großes Potenzial zur Verwertbarkeit gegeben [1].

Bei Flugaschen / -stäuben handelt es sich um Partikel im Abgasstrom vor dem Einbringen von Additiven in die Abgasreinigung. Flugaschen, die aus dem Feuerraum ausgetragen werden, bezeichnet man bei Abscheidung im Kessel als Kesselasche und bei Abtrennung in den Filtern als Filterasche (z.B. Elektrofilterasche). Feste Rückstände, die erst nach Zugabe von Additiven anfallen, werden unter dem Begriff Reaktionsprodukte aus der Abgasreinigung erfasst. Thermische Abfallbehandlungsanlagen zeichnen sich dadurch aus, dass sie die vielfältigen im Abfall vorhandenen Schadstoffe entweder thermisch zerstören oder in den Flugaschen aufkonzentrieren. Es entstehen pro Tonne

verbranntem Abfall etwa 12,5 kg Filterasche als weiß / gelbliche bis graue Stäube. Sie enthalten Schwermetalle (z.B. Cadmium, Blei, Zink) und organische Verbindungen (z.B. PCDD/PCDF). Die Stäube sind sehr stark hygroskopisch und neigen deshalb zur Agglomeration.

In Europa werden die Flugaschen entweder in Versatzbergwerken verwertet oder in untertägigen Deponien bzw. nach chemisch / physikalischer Aufbereitung auf Deponien abgelagert. In Japan erfolgt eine Inertisierung in nachgeschalteten Schmelzverfahren zur Erzeugung einer auslaugsicheren, deponierbaren Glasmatrix. Diese Verglasungstechniken erfordern jedoch einen sehr hohen Aufwand an Energie und Kosten [1]. Im Hinblick auf die stetig abnehmenden Rohstoffressourcen haben Verfahren zur Wertstoffrückgewinnung einen immer wichtigeren Stellenwert. Die Wiedergewinnung eines wirtschaftlich interessanten Schwermetalls wird bereits in der Schweiz durch die selektive Rückgewinnung von Zink aus Elektrofilterstäuben großtechnisch umgesetzt [2].

## 1. Brennbettuntersuchungen auf dem Rückschub-Rost

In modernen Rostfeuerungsanlagen mit Rückschub-Rost werden in der Feuerung die beiden Kriterien Ausbrand und Eluatqualität der Rostschlacken durch hohe Brennbetttemperaturen bei ausreichender Verweilzeit, effektiver Durchmischung des Brennbettes und ausreichender Luft- bzw. Sauerstoffzuführung sichergestellt. Unter Berücksichtigung der Verwertungs- und Ablagerungsbedingungen für die im Verbrennungsprozess anfallenden Stäube bieten sich somit technische Möglichkeiten zur nachhaltigen, in die Feuerung integrierten Behandlung der Stäube, die von der MARTIN GmbH gemeinsam mit Partnern detailliert untersucht und bereits in die Großtechnik umgesetzt wurden.

Im Rahmen von Untersuchungen an Rostfeuerungsanlagen unterschiedlicher Betriebsweise [1] konnte festgestellt werden, dass eine erhöhte Brennbetttemperatur den organischen Gesamtkohlenstoffgehalt (TOC) und den Glühverlust der Rostschlacke reduziert, sowie die Eluierbarkeit der Schwermetalle und Anionen herabsetzt [3, 4, 5, 6, 7]. Das verbesserte Auslagverhalten der Rostschlacken ist auf verstärkte Schmelz- und Sinterungsvorgänge im Brennbett bei erhöhter Temperatur zurückzuführen, wodurch der Feinkornanteil der Schlacke sowie zurückgeführte Stäube, die leichter eluierbare Schadstoffgehalte aufweisen, in die Schmelzzonen der größeren Partikel eingebunden werden.

Weitergehende Erkenntnisse über die im Brennbett ablaufenden Schmelz- und Sinterungsprozesse wurden durch umfangreiche Brennbetttemperaturmessungen [1] sowie Modellierungen [6, 8] und aus dem Vergleich der Modellergebnisse mit der mineralogischen Zusammensetzung der Rostschlacken gewonnen. Die modellierten Schmelzkurven weisen alle denselben Kurvenverlauf auf, der für Rostschlacken als typisch betrachtet werden kann (Bild 2). Hinsichtlich des modellierten Schmelzverhaltens konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Schlacken aus einem Anlagenbetrieb mit und ohne Rückführung festgestellt werden [5, 6]. Bezeichnend ist, dass durch die Anreicherung der Primärluft mit Sauerstoff (SYNCOM-Verfahren) und den daraus resultierenden Brennbetttemperaturen bereits ein signifikant höherer Anteil an Schmelzphase vorliegt.

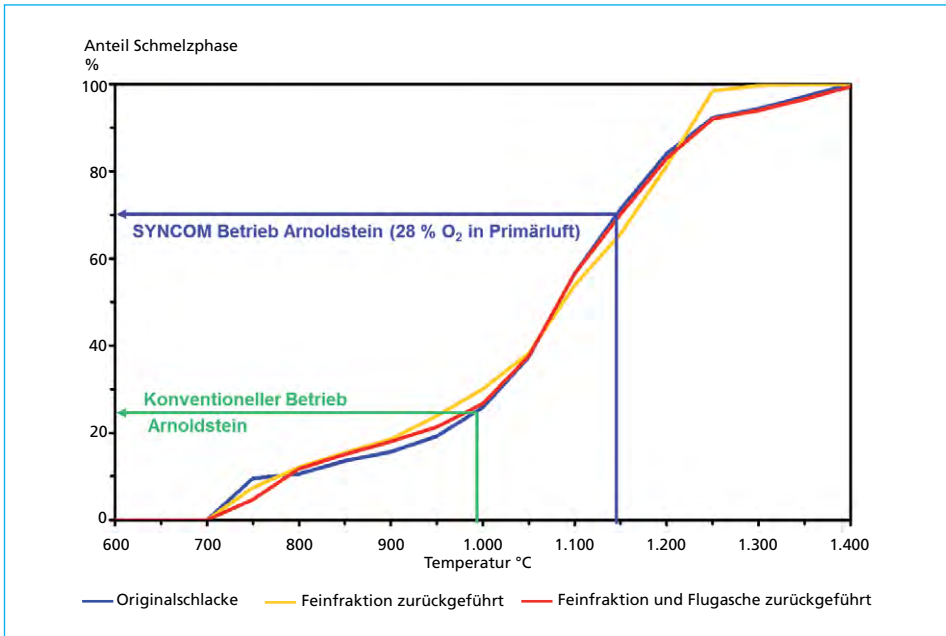


Bild 2: Sinterungs- / Schmelzverhalten von Rostschlacken

Quellen:

Spuller, R.; Poehlmann, E.: Brennbetttemperatur und Schlackequalität in Feuerungsanlagen für Abfälle. Abschlussbericht des Projekts EU7 im Auftrag des Bayer. Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Schwabach 2004

Bale C.W.; Chartrand P.; Degterov S.A.; Ben Mahfoud R.; Melançon J.; Pelton A.D.; Eriksson G.; Hack K., Petersen S. (2002): FactSage Thermochemical Software and Databases. In: Calphad, Vol. 26, No. 2, pp. 189 - 228. Elsevier Science Ltd.

## 2. Integrierte Behandlungsverfahren für Stäube

### 2.1. SYNCOM-Plus

Durch die erhöhten Brennbetttemperaturen, bedingt durch die Zugabe von Sauerstoff direkt in die Verbrennungsluft einiger Rostzonen, erfolgt beim SYNCOM-Verfahren [1, 4] eine verbesserte Sinterung der Rostschlacke bereits in der Primärverbrennung. Beim SYNCOM-Plus-Verfahren wird dem SYNCOM-Verfahren eine nassmechanische Aufbereitung zur Erzeugung eines Granulats nachgeschaltet und der Feinanteil sowie der abgetrennte Schlamm der Rostschlacke zur weitergehenden Versinterung und Zerstörung von Organika der Feuerung erneut zugegeben (Bild 3). Optional können auch die Kesselasche sowie, nach entsprechender Vorbehandlung (z.B. FLUWA, siehe 3.3), Filteraschen zurückgeführt werden.

In der Thermischen Behandlungsanlage der Kärntner Restmüllverwertungs GmbH in Arnoldstein (A) bestand die Möglichkeit die weiteren Komponenten für SYNCOM-Plus inklusive einer Kesselascherückführung zu integrieren und im Dauerbetrieb zu untersuchen [1].

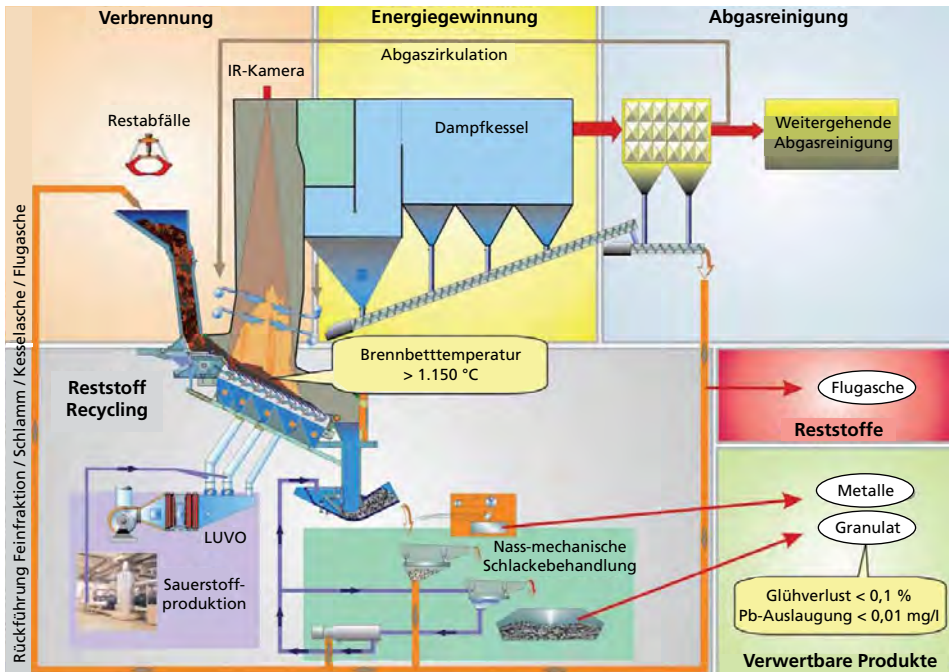


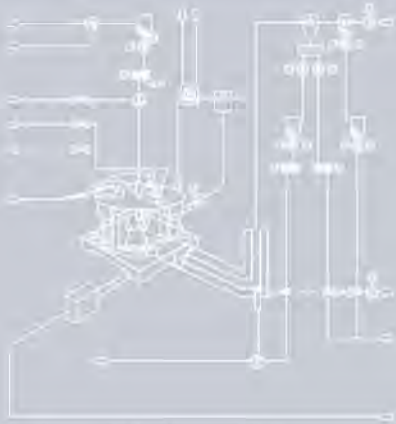
Bild 3: SYNCOM-Plus-Verfahren

Für die Versuchskampagnen erfolgte die Rückführung der Feinfraktion, des Schlammes und der Kesselasche in den Abfallbunker. Die Kesselasche wurde aus einem geschlossenen Behälter mit Hilfe eines Gabelstaplers abgekippt. Es war keine signifikante Staubentwicklung festzustellen. Im Vergleich mit der verbrannten Abfallmenge entsprach die gesamte rückgeführte Menge einem Anteil von maximal 6,75 Gew.-Prozent mit einem Kesselascheanteil von etwa 0,5 Gew.-Prozent. Das Material konnte problemlos in die Feuerung zurückgeführt werden.

Im Rahmen eines fortführenden Forschungsvorhabens [5] wurde die großtechnische Erprobung des SYNCOM-Plus-Verfahrens, das eine definierte Rückführung von Fraktionen vorsieht, detailliert untersucht und die bereits vorliegenden Ergebnisse zur Brennbetttemperatur bestätigt. Im Rückführungsbetrieb ergaben sich geringere Temperaturdifferenzen gegenüber dem konventionellen Betrieb. Generell war eine Vergleichmäßigung der Temperaturverteilung sowohl an der Brennbettoberfläche, als auch im Brennbettinneren festzustellen.

Nach dem Austrag aus dem Nassentschlacker bestanden die Rostschlacken zum überwiegenden Teil aus Material mit Korngrößen  $< 32\text{ mm}$ . Dabei war kein signifikanter Unterschied zwischen der Probenahme ohne Rückführung und der Probenahme während der Rückführung zu erkennen. Zusammenfassend lässt sich anhand der Ergebnisse der Grobcharakterisierung der Rostschlackeproben feststellen, dass ein Einfluss der Rückführung von Kesselasche und Schlackefeinfraktion nicht zu erkennen war.

# Aschen • Schlacken • Stäube



## Aschen • Schlacken • Stäube – aus Abfallverbrennung und Metallurgie –

ISBN: 978-3-935317-99-3  
Erschienen: September 2013  
Gebundene Ausgabe: 724 Seiten  
mit zahlreichen  
farbigen Abbildungen  
Preis: 50,00 EUR



Herausgeber: Karl J. Thomé-Kozmiensky • Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Der Umgang mit mineralischen Abfällen soll seit einem Jahrzehnt neu geregelt werden. Das Bundesumweltministerium hat die Verordnungsentwürfe zum Schutz des Grundwassers, zum Umgang mit Ersatzbaustoffen und zum Bodenschutz zur Mantelverordnung zusammengefasst. Inzwischen liegt die zweite Fassung des Arbeitsentwurfs vor. Die Verordnung wurde in der zu Ende gehenden Legislaturperiode nicht verabschiedet und wird daher eines der zentralen und weiterhin kontrovers diskutierten Vorhaben der Rechtssetzung für die Abfallwirtschaft in der kommenden Legislaturperiode sein. Die Reaktionen auf die vom Bundesumweltministerium vorgelegten Arbeitsentwürfe waren bei den wirtschaftlich Betroffenen überwiegend ablehnend. Die Argumente der Wirtschaft sind nachvollziehbar, wird doch die Mantelverordnung große Massen mineralischer Abfälle in Deutschland lenken – entweder in die Verwertung oder auf Deponien.

Weil die Entsorgung mineralischer Abfälle voraussichtlich nach rund zwei Wahlperioden andauernden Diskussionen endgültig geregelt werden soll, soll dieses Buch unmittelbar nach der Bundestagswahl den aktuellen Erkenntnis- und Diskussionsstand zur Mantelverordnung für die Aschen aus der Abfallverbrennung und die Schlacken aus metallurgischen Prozessen wiedergeben.

Die Praxis des Umgangs mit mineralischen Abfällen ist in den Bundesländern unterschiedlich. Bayern gehört zu den Bundesländern, die sich offensichtlich nicht abwartend verhalten. Der Einsatz von Ersatzbaustoffen in Bayern wird ebenso wie die Sicht der Industrie vorgestellt.

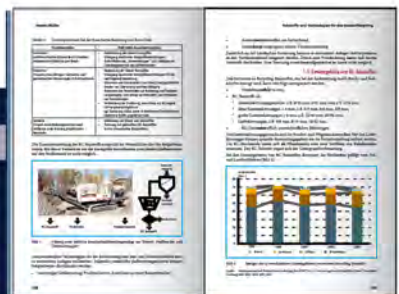
Auch in den deutschsprachigen Nachbarländern werden die rechtlichen Einsatzbedingungen für mineralische Ersatzbaustoffe diskutiert. In Österreich – hier liegt der Entwurf einer Recyclingbaustoff-Verordnung vor – ist die Frage der Verwertung von Aschen und Schlacken Thema kontroverser Auseinandersetzungen. In der Schweiz ist die Schlackensenorgung in der Technischen Verordnung für Abfälle (TVA) geregelt, die strenge Anforderungen bezüglich der Schadstoffkonzentrationen im Feststoff und im Eluat stellt, so dass dies einem Einsatzverbot für die meisten Schlacken gleichkommt. Die Verordnung wird derzeit revidiert.

In diesem Buch stehen insbesondere wirtschaftliche und technische Aspekte der Entsorgung von Aschen aus der Abfallverbrennung und der Schlacken aus der Metallurgie im Vordergrund.

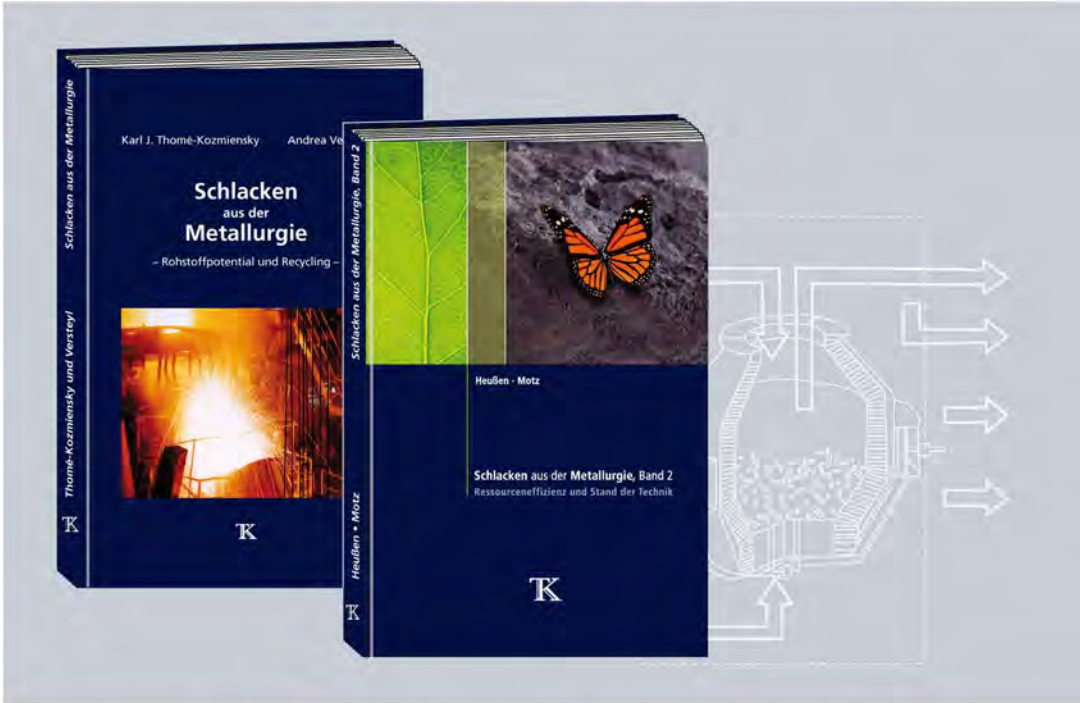
Bestellungen unter [www.vivis.de](http://www.vivis.de)  
oder

**vivis**  
TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Dorfstraße 51  
D-16816 Nietwerder-Neuruppin  
Tel. +49.3391-45.45-0 • Fax +49.3391-45.45-10  
E-Mail: [tkverlag@vivis.de](mailto:tkverlag@vivis.de)



# Schlacken aus der Metallurgie



## Schlacken aus der Metallurgie, Band 1 – Rohstoffpotential und Recycling –

Karl J. Thomé-Kozmiensky • Andrea Versteyl

ISBN: 978-3-935317-71-9

Erscheinung: 2011

Seiten: 175

Preis: 30.00 EUR

## Schlacken aus der Metallurgie, Band 2 – Ressourceneffizienz und Stand der Technik –

Michael Heußen • Heribert Motz

ISBN: 978-3-935317-86-3

Erscheinung: Oktober 2012

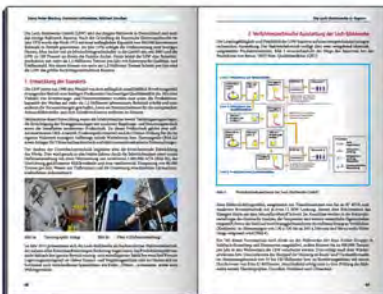
Seiten: 200 Seiten

Preis: 30.00 EUR

**50.00 EUR**  
statt 60.00 EUR

### Paketpreis

Schlacken aus der Metallurgie – Rohstoffpotential und Recycling –  
Schlacken aus der Metallurgie – Ressourceneffizienz und Stand der Technik –



Bestellungen unter [www.vivis.de](http://www.vivis.de)  
oder

Dorfstraße 51  
D-16816 Nietwerder-Neuruppin  
Tel. +49.3391-45.45-0 • Fax +49.3391-45.45-10  
E-Mail: [tkverlag@vivis.de](mailto:tkverlag@vivis.de)

**vivis**  
TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Zur Überprüfung, ob die Rückführung von Feinfraktion, Schlamm und Kesselasche zu einer Erhöhung des Feinkornanteils führte, wurden die Korngrößenverteilungen der Rostschlacken mit und ohne Rückführung miteinander verglichen. Es war keine erhebliche Veränderung der Korngrößenverteilung festzustellen.

Seit Durchführung der SYNCOM-Plus-Untersuchungen wird an der TBA Arnoldstein (A) im SYNCOM-Betrieb die gesamte anfallende Kesselasche mit einem Transportcontainer (Bild 4) kontinuierlich über den Abfallbunker in die Feuerung zurückgeführt. Probleme im Hinblick auf die Feuerung und Rostschlackenqualität sind bisher nicht aufgetreten.



Bild 4: Kesselaschetransportcontainer TBA Arnoldstein (A)

Die Rückführung von Rostschlackenfeinfraktionen mit einem erheblichen Inertanteil ist nur beim SYNCOM-Verfahren möglich, da im Brennbett die entsprechenden Randbedingungen für die erforderlichen Sinterungs- und Schmelzprozesse vorliegen. Auf dem Rückschub-Rost mit ausreichender Verweilzeit, effektiver Durchmischung des Brennbettes und ausreichender Luft- bzw. Sauerstoffzuführung sind auch bei konventionellem Betrieb die Randbedingungen für die Rückführung von Kesselasche sichergestellt (Bild 2).

## 2.2. Kesselascherückführung

Im Rahmen der Nachrüstung der Linien 1 und 2 des MHKW Coburg (DE) auf die MARTIN VLN-Technologie wurde auch eine Kesselascherückführung (Bild 5) installiert. Vor dem Umbau fiel die Kesselasche vom 2./3. Zug durch eine Öffnung direkt in die Feuerung bzw. den Nassentschlacker, während die Kesselasche des Horizontalzugs mit in das Rückstandssilo gefördert wurde.

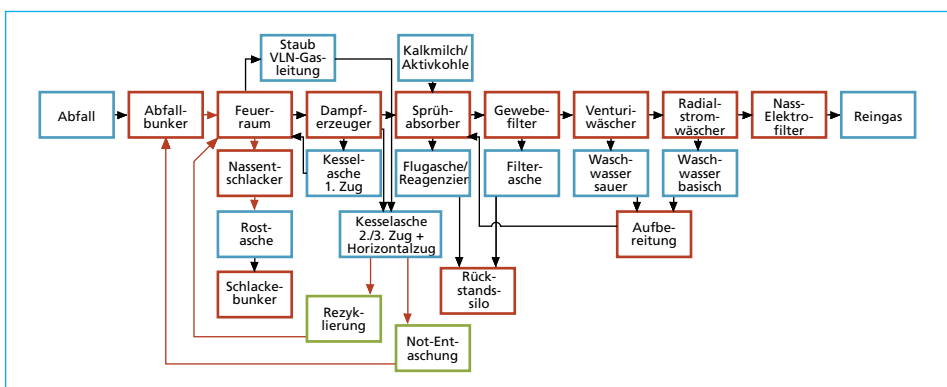


Bild 5: Kesselascherückführung im MHKW Coburg



Nach dem Umbau wurde die gesamte Kesselasche zunächst in einem Kippcontainer erfasst, gewogen und über den Abfallbunker in die Feuerung zurückgeführt. In einer 2. Ausbaustufe erfolgte durch die Wehrle-Werk AG der Umbau auf ein kontinuierliches Kesselasche-Rezyklierungs-System mit pneumatischer Förderung der Kesselasche direkt in die Feuerung (Bild 6). Die Vorgehensweise mittels Kippcontainer wird nur noch als *Not-Entaschung* bei Störungen und Ausfällen des kontinuierlichen Systems sowie Revisionen eingesetzt [9].



Bild 6: Ascheschacht mit Weiche / Kippcontainer (Not-Entaschung) MHKW Coburg (DE)

Beide Systeme wurden zügig in Betrieb genommen und haben sich nach einigen Optimierungen verfahrens- bzw. anlagentechnisch gut bewährt. Das kontinuierliche Kesselasche-Rezyklierungs-System ist ein *geschlossenes* System, ohne Auswirkungen auf Betriebspersonal und Kesselhaus. Zum Nachweis, dass sowohl die Not-Entaschung, als auch das kontinuierliche System vergleichbare Betriebsergebnisse liefern, wurden ausführliche Untersuchungen durchgeführt.

Messungen an der Linie 1 ergaben bei VLN-Betrieb eine rückgeführte Kesselaschemenge von etwa 1,25 Gew.-Prozent der Abfallmenge. Hochgerechnet auf eine jährliche Betriebszeit von etwa 8.000 Stunden wird somit eine Kesselaschemenge von 870 Tonnen der Feuerung zugegeben.

Videoaufnahmen im Feuerraum bei Not-Entaschung und Rezyklierung haben keine zusätzliche Staubentwicklung bei Kesselascherückführung im Vergleich zum Betrieb ohne Rückführung gezeigt. Auch die Betriebsweisen Not-Entaschung und Rezyklierung zeigten im Vergleich keine signifikanten Unterschiede. Der sich ändernde Abfall mit unterschiedlichem Aschegehalt hat erfahrungsgemäß einen deutlich größeren Einfluss. Sowohl bei der Not-Entaschung, als auch der Rezyklierung wurden am Kesselende bei allen untersuchten Lastfällen vergleichbare Gesamtstaubkonzentrationen wie bei den Messungen ohne Kesselascherückführung erreicht. Etwa 2 Gew.-Prozent des Abfallinputs wurden an Gesamtstaub (Kesselasche + Flugasche Kesselende) aus der Feuerung ausgetragen.

Im Rahmen der bekannten Schwankungsbreiten bei der Analyse von Rückständen war zwischen den Ergebnissen der Not-Entaschung und der Rezyklierung weder bei

den Rostschlacken, noch bei den Kesselaschen ein signifikanter Unterschied über alle Parameter festzustellen. Die Sinterungs- und Schmelzprozesse zur Zerstörung der Organika sowie zur Einbindung der Kesselasche in die Rostschlacke sind bei den Verbrennungsbedingungen im konventionellen Normalbetrieb sichergestellt.

### 2.3. Elektrofilteraschebehandlung/ -rückführung

Bei der thermischen Abfallbehandlung konzentrieren sich Schwermetalle und polychlorierte Dibenzodioxine und -furan (PCDD/PCDF) besonders in den Elektrofilteraschen auf. Vor allem in der Schweiz werden durch die saure Flugaschenextraktion FLUWA [2] anorganische Schadstoffe, insbesondere Schwermetalle, weitestgehend aus den Flugaschen extraktiv abgetrennt und einer gezielten Verwertung / Rückgewinnung zugeführt. Ein Beispiel für die Wiedergewinnung eines wirtschaftlich interessanten Schwermetalls stellt das Verfahren zur selektiven Zinkrückgewinnung FLUREC [2] dar. Aus dem schwermetallhaltigen Filtrat der sauren Flugaschenextraktion werden in einem mehrstufigen Verfahren selektiv Schwermetalle (Zink, Cadmium, Blei, Kupfer) zurückgewonnen und dem Wertstoffkreislauf bzw. einer geeigneten Verwertung zugeführt (Bild 7). Zink wird in der nachfolgenden selektiven Rückgewinnung als Reinstmetall (>99,99 Prozent) elektrolytisch zurückgewonnen und vermarktet. In der Zementierung werden aus dem Filtrat Kupfer, Cadmium und Blei nahezu quantitativ abgetrennt und können als gemeinsamer metallischer Reststoff in einer Bleihütte verwertet werden.

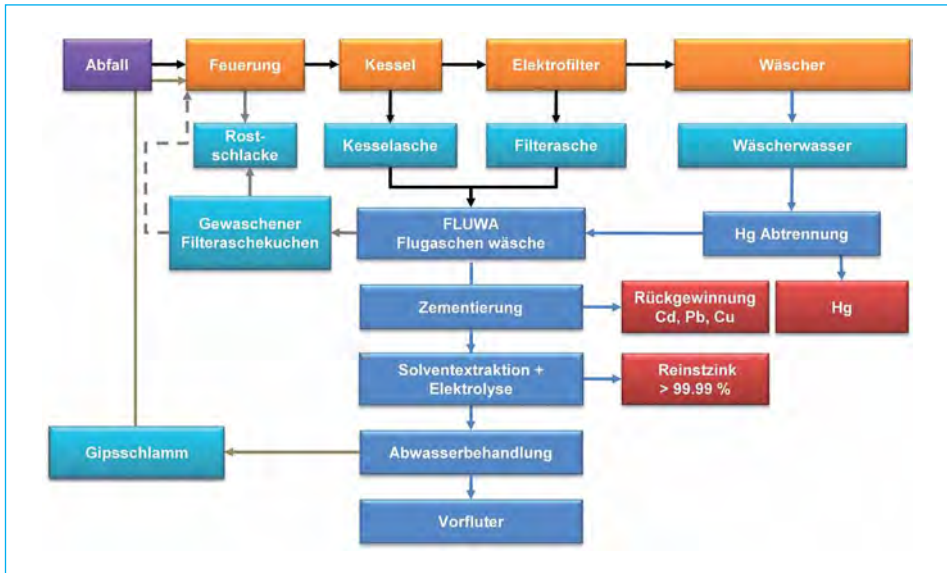


Bild 7: FLUWA / FLUREC

Quelle: Schlumberger, S.; Bühler, J.: Metallrückgewinnung aus Filterstäuben der thermischen Abfallbehandlung nach dem FLUREC-Verfahren. In: Thomé-Kozmiensky, K.J. (Hrsg.): Aschen•Schlacken•Stäube - aus Abfallverbrennung und Metallurgie. TK-Verlag, Neuruppin 2013, S. 377-396

Organische Schadstoffe, vor allem PCDD/PCDF, bleiben jedoch bei dieser Behandlung im gewaschenen Filteraschekuchen zurück. Diese können nur thermisch zerstört werden, so dass sich die Rückführung des sauer gewaschenen Filteraschekuchens in die Feuerung anbietet.

Die MARTIN GmbH hat gemeinsam mit Kooperationspartnern die Entwicklung und Untersuchung der Behandlungsverfahren sowie der Rückführung der behandelten Elektrofilteraschen an zwei großtechnischen Abfallverbrennungsanlagen durchgeführt. Dabei wurden vergleichende Untersuchungen zwischen Normal- und Versuchsbetrieb bei der Mitaufgabe von feuchtem, behandeltem Elektrofilteraschenkuchen durchgeführt. Die behandelte, von Schwermetallen entfrachtete Flugasche wurde gemeinsam mit dem Abfall über den Abfallbunker der Feuerung zugegeben. Eine weitergehende Vorbehandlung des Materials (Pelletierung o.ä.) war basierend auf den Erkenntnissen der MARTIN GmbH zur gemeinsamen Rückführung von Feinfraktionen und Abfall in die Feuerung nicht erforderlich.

An einer Abfallverbrennungsanlage in Bayern wurden bereits in 2003 erfolgreich Rückführungsversuche von sauer extrahierter Elektrofilterasche durchgeführt. Die Versuchskampagne wurde analytisch vom Bayerischen Landesamt für Umweltschutz begleitet [10]. Die zugegebene Filteraschekuchenfracht von 400 kg/h entsprach einem Überschuss von etwa 20 Prozent gegenüber der theoretisch anfallenden Filteraschekuchenfracht. Die Durchmischung des Filteraschekuchens mit frisch angeliefertem Abfall erfolgte für die angelieferten Chargen direkt im Abfallbunker. Durch ein geeignetes Bunkermanagement konnte der gewaschene Filteraschekuchen homogen und kontinuierlich der Feuerung zugeführt werden. Der Anlagenbetrieb wurde durch die Rückführung des Filteraschekuchens nicht beeinflusst. Beim Vergleich wesentlicher Messungen am Kamin war kein signifikanter Unterschied zwischen Normal- und Versuchsbetrieb festzustellen. Zusammenfassend war die Qualität der Rostschlacke sowie der Flugaschen hinsichtlich der Feststoffzusammensetzung und der Elutionseigenschaften unter Berücksichtigung der abfallinput- und prozessbedingten Schwankungen als weitgehend gleichwertig einzustufen. Durch die Rückführung wurde der Gehalt an polychlorierten Dibenzodioxinen und -furanen (PCDD/PCDF) in der ausgetragenen Rostschlacke gegenüber dem Normalbetrieb nicht erhöht. In die Feuerung eingetragene PCDD/PCDF wurden thermisch vollständig zerstört. Eine nennenswerte Zunahme des  $\text{SO}_2$ -Gehaltes im Rohgas nach dem Kesselende konnte gegenüber dem Normalbetrieb ebenfalls nicht festgestellt werden.

Die kontinuierliche Zugabe eines sauer extrahierten Filteraschegemisches wurde des Weiteren an einer Abfallverbrennungsanlage in der Schweiz [11] in einer jeweils einwöchigen Versuchskampagne mit gipsarmen und gipshaltigen Filteraschekuchen untersucht. Schwefelgehalte des Filteraschekuchens spielen bei der Rückführung eine wichtige Rolle, da dies in der Abgasreinigung zu einer Erhöhung des Additivverbrauchs führen kann.

Der Filteraschekuchen wurde je Woche im 24-Stundenbetrieb von Hand direkt in die Beschickschurre im Abfallbunker zugegeben (Bild 8). Der rückgeführte Filteraschekuchen wies einen durchschnittlichen Trockensubstanzgehalt von 60 Gew.-Prozent auf.

Die Mitverbrennung des feuchten Filteraschekuchens führt zu einer Verringerung des Heizwerts des zu behandelnden Abfalls. Aufgrund des Anteils von etwa 3 Gew.-Prozent an Filteraschekuchen wirkte sich dies insgesamt auf den Verbrennungsprozess nicht signifikant aus. Es war keine Staubentwicklung beim Abwurf des feuchten Materials festzustellen.

Der Anlagenbetrieb wurde durch die Rückführung des Filteraschekuchens nicht beeinflusst. Beim Vergleich wesentlicher Messungen am Kamin war kein signifikanter Unterschied zwischen dem Normal- und Versuchsbetrieb festzustellen. Durch die Rückführung erfolgte keine signifikante Zunahme der Filteraschefracht.



Bild 8: Zugabe des Filteraschekuchens in die Abfallschurre

Allerdings wurde während der Rückführung des gipshaltigen Filteraschekuchens ein Mehrverbrauch an Additiv beobachtet. Verglichen zum Schwefelinput durch den Filteraschekuchen erwies sich jedoch der abfallinputbedingte Einfluss auf die Schwefelfreisetzung als wesentlich größer. So können beispielsweise Chargen hochkalorischen Abfalls zu lokal hohen Temperaturen und somit zur Begünstigung der örtlichen  $\text{SO}_2$ -Freisetzung aus dem Brennbett führen. Der zu erwartende Mehrverbrauch an Additiv ist somit sehr inputspezifisch und kann stark variieren.

Zusammenfassend war die Qualität der Rostschlacke sowie der Flugaschen hinsichtlich der Feststoffzusammensetzung und der Elutionseigenschaften unter Berücksichtigung der abfallinput- und prozessbedingten Schwankungen als weitgehend gleichwertig einzustufen. Die resultierende Rostschlacke wies anschließend keinen erhöhten PCDD/PCDF-Gehalt während der Ascherückführung auf. Allerdings wurde bei der Aufgabe von gipshaltigem Filteraschekuchen zur Feuerung in der Rostschlacke und in den Filteraschen ein Anstieg des Schwefelgehaltes beobachtet.

### 3. Zusammenfassung und Ausblick

In modernen Rostfeuerungsanlagen mit Rückschub-Rost werden in der Feuerung hohe Brennbetttemperaturen bei ausreichender Verweilzeit, effektiver Durchmischung des Brennbettes und ausreichender Luft- bzw. Sauerstoffzuführung sichergestellt. Die im Brennbett auch bei konventionellem Betrieb ablaufenden Sinterungs- und Schmelzprozesse ermöglichen die Einbindung von gemeinsam mit dem Abfall zurückgeführten Flugaschen, bei sicherer Zerstörung der Organika. Diese geschlossenen und prozessintegrierten Stoffkreisläufe ermöglichen die signifikante Reduzierung der zu deponierenden Rückstandsmenge bei zusätzlich möglicher Rückgewinnung von Ressourcen.

Allerdings müssen die zurückgeführte Menge, die Brennbettrahmenbedingungen (SYNCOM / konventionell) sowie die Qualität der Stäube (z.B. Schwefelgehalt) im Vorfeld eingehend geprüft werden. Filteraschen, mit einem signifikant höheren Gehalt an Schwermetallen, sollten erst nach einem entsprechenden Behandlungsverfahren und damit verbundener Entfrachtung in die Feuerung zurückgeführt werden.

Generell konnte die Rückführung an allen untersuchten großtechnischen Anlagen problemlos ohne eine signifikante Beeinflussung der Feuerungsparameter durchgeführt werden und ist bei entsprechendem Bunkermanagement bzw. durch Nutzung einer geeigneten Zugabevorrichtung in jeder thermischen Abfallbehandlungsanlage umsetzbar.

## 4. Literaturverzeichnis

- [1] Koralewska, R.: Verfahren zur Inertisierung von Aschen/Schlacken aus der Rostfeuerung. In: Thomé-Kozmiensky, K.J. (Hrsg.): Aschen•Schlacken•Stäube - aus Abfallverbrennung und Metallurgie. TK-Verlag, Neuruppin 2013, S. 423-435
- [2] Schlumberger, S.; Bühler, J.: Metallrückgewinnung aus Filterstäuben der thermischen Abfallbehandlung nach dem FLUREC-Verfahren. In: Thomé-Kozmiensky, K.J. (Hrsg.): Aschen•Schlacken•Stäube - aus Abfallverbrennung und Metallurgie. TK-Verlag, Neuruppin 2013, S. 377-396
- [3] Knorr, W. et al.: Rückstände aus der Müllverbrennung, Chancen für eine stoffliche Verwertung von Aschen und Schlacken. Initiativen zu Umweltschutz Band 13, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1999
- [4] Gohlke, O.; Busch, M.; Horn, J.; Martin, J.: Nachhaltige Abfallbehandlung mit dem SYNCOM PLUS-Verfahren. In: Thomé-Kozmiensky, K.J. (Hrsg.): Optimierungspotential der Abfallverbrennung. TK-Verlag, Neuruppin 2003, S. 211-223
- [5] Bimüller, A.; Hopf, N.; Heuss-Aßbichler, S.; Nordsieck, H.: Beeinflussung schlackerelevanter Betriebsparameter durch Rückführung von Aschefractionen. Abschlussbericht des Projekts EU34 im Auftrag des Bayer. Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Schwabach 2006
- [6] Spuller, R.; Poehlmann, E.: Brennbetttemperatur und Schlackequalität in Feuerungsanlagen für Abfälle. Abschlussbericht des Projekts EU7 im Auftrag des Bayer. Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Schwabach 2004
- [7] Spiegel W.; Huber A.: Chemische und mineralogische Informationen als Bewertungsmaßstab für die Qualität von Schlacken aus der thermischen Abfallverwertung. Technisch-wissenschaftliche Berichte Feuerungen. VGB-TW 210. ISSN-Nr.: 0937-0188, 1996
- [8] Bale C.W.; Chartrand P.; Degterov S.A.; Ben Mahfoud R.; Melançon J.; Pelton A.D.; Eriksson G.; Hack K.; Petersen S. (2002): FactSage Thermochemical Software and Databases. In: Calphad, Vol. 26, No. 2, pp. 189 - 228. Elsevier Science Ltd.
- [9] Baj; P.; Papa, G.; Koralewska, R.: Nachrüstung der neuen und innovativen VLN-Technologie (Very Low NOx) im Müllheizkraftwerk in Coburg. Abschlussbericht des Projekts ZGII4-42155-9/124 im Auftrag des BMU, Coburg/München 2013
- [10] Bayer. Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Aufgabe eines sauer extrahierten Kessel-/Elektrofilterasche-Gemisches am MHKW Kempten, Augsburg 2004
- [11] Schlumberger, S.; Koralewska, R.: Filteraschekuchenrückführung in den KVA-Ofen: Ein Versuch im industriellen Maßstab. Abschlussbericht des Projekts 07.0018.PJ / I393 - 0046 / 2009.V.70 im Auftrag des BAFU, AfU (So) und AWA (Be), Bern 2010

MARTIN®, MARTIN Rückschubrost® und SYNCOM® sind eingetragene Warenzeichen der MARTIN GmbH für Umwelt- und Energietechnik.