

Einfluß der Abfallzusammensetzung auf die Qualität der Schlacke bei der Verbrennung von Rest-Siedlungsabfällen

Christian Wiese, Dr.-Ing. Michael Beckmann, Dr.-Ing. Paul-Gerhard Mast, Bernt Johnke

Dipl.-Ing. Christian Wiese
Studium der Verfahrenstechnik an der TU Clausthal, seit 1994 wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der CUTEC-Institut GmbH.

Dr.-Ing. Michael Beckmann
Hauptabteilungsleiter Umweltverfahrenstechnik der Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH (CUTEC); Arbeitsrichtung: Thermische Behandlung von Abfällen und Energieverfahrenstechnik.

Dr.-Ing. Paul-Gerhard Mast
Studium an der TU Berlin, Vertiefungsrichtung Abfallwirtschaft, Promotion im Fachbereich Umwelttechnik der TU Berlin, seit 1995 Mitarbeiter von TauwUmwelt, Ingenieurbüro und Labor für Umwelt und Technologie, Abteilung Abfallwirtschaft.

Dipl.-Ing. Bernt Johnke
Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Umweltbundesamtes im Fachgebiet Thermische Behandlung von Abfällen.

1. Überblick

Bei der thermischen Behandlung von Rest-Siedlungsabfällen fallen jährlich etwa 3 Mio. t feste Rückstände überwiegend als Hausmüllverbrennungs- (HMV-) Rohschlacke an. Um eine hohe Verwertungsrate der Schlacke z. B. als Baumaterial im Straßen- und Wegebau oder bei Erdbaumaßnahmen sicherzustellen, sind gemäß der Technischen Anleitung Siedlungsabfall (TASI) [TA93] Maßnahmen zu treffen, die zu einer Schadstoffentfrachtung und Qualitätsverbesserung der Schlacke führen. Hierzu gehören:

- ◆ Verbrennung (Vorbehandlung),
- ◆ Optimierung der Prozeßführung durch feuerungstechnische Maßnahmen,
- ◆ nachgeschaltete Schlackeaufbereitung (Nachbehandlung).

Derzeit können mit verschiedenen Maßnahmen der Prozeßführung z. B. [RE294], [RBM94], [HMV94] und der Nachbehandlung, wie Abtrennung des Eisenschrotts, Klassierung und anschließende Alterung, ca. 1,8 Mio. t der HMV-Schlacke verwertet werden [JOH95]. Die verbleibende Restmenge gelangt auf die Deponie. Vor dem Hintergrund der TASI Absatz 9.1 Ziffer 1.1 sind z. Z. verstärkte Maßnahmen der Vorbehandlung fester Abfälle in der Diskussion. Zu der Beurteilung der Wirksamkeit von Vorbehandlungsmaßnahmen wurden im Rahmen der Phase II des UFOPLAN-Forschungsvorhabens „Einfluß der Abfallzusammensetzung auf Schadstoffgehalt und -menge der Verbrennungsrückstände“:

- ◆ theoretische Abschätzungen zu dem Einfluß einer Abtrennung besonders schadstoffhaltiger Fraktionen (Sortiermaßnahmen) auf die Schwermetallkonzentrationen in der Schlacke,
- ◆ zugehörige experimentelle Untersuchungen an einem Chargenrost mit synthetisch zusammengesetzten „Rest-Siedlungsabfällen“ und
- ◆ Untersuchungen an einer Pilot-Rostanlage mit entsprechendem aufbereiteten Rest-Siedlungsabfällen aus einer repräsentativen Abfallbehandlungsanlage durchgeführt.

Hierbei wurde insbesondere geprüft, ob eine Abtrennung von Abfallkomponenten mit tendenziell hohen Gehalten verschiedener Schwermetalle eine entsprechende Absenkung der Schwermetallfrachten in der Schlacke bewirkt. Im Idealfall waren einzelne Abfallkomponenten zu benennen, die im besonderen Maße zu einer Schwermetallbelastung der Schlacke beitragen. Die theoretischen Betrachtungen und die modellhaften experimentellen Untersuchungen an einem Chargenrost berücksichtigen theoretische Grenzfälle minimaler und maximaler Schwermetallkonzentrationen im

Abfall. Ergänzend hierzu liefern die Untersuchungen an einer Rost-Pilotanlage Anhaltswerte für repräsentative Rest-Siedlungsabfälle. Im Unterschied zu einer statistischen Absicherung einer Untersuchungsmethode mit entsprechendem Probenumfang liegt die Aussagekraft hier in dem Vergleich von Ergebnissen verschiedener Untersuchungsmethoden begründet.

Zusammengefaßt ergibt sich folgendes Ergebnis: Eine Beeinflussung der Schlackezusammensetzung durch die hier untersuchten Sortiermaßnahmen ist auf der Grundlage der verwendeten Daten anhand der theoretischen Betrachtungen und der experimentellen Untersuchungen als gering einzuschätzen. Die ermittelten Schwermetallkonzentrationen der Schlacken eines synthetisch hergestellten bzw. mechanisch aufbereiteten Rest-Siedlungsabfalls bewegen sich innerhalb der üblichen Schwankungsbreite der Angaben für unbehandelten Rest-Siedlungsabfall. Weiterhin erfüllen die untersuchten Schlacken des mechanisch aufbereiteten Rest-Siedlungsabfalls alle entsprechenden Kriterien für eine Verwertung z. B. nach [FGS86].

2. Theoretische Betrachtungen

Im Rahmen von theoretischen Betrachtungen wurde ausgehend von den aus:

- ◆ Sortieranalysen erhaltenen Konzentrationen der Schwermetalle in Abfallkomponenten zusammen mit den zugehörigen Transferkoeffizienten eine
- ◆ theoretische Abschätzung der Schwermetallgehalte in der Schlacke vorgenommen.

Sortieranalyse

Die Betrachtungen beruhen auf Sortieranalysen [MSE96] an repräsentativen HMV und haben exemplarischen Charakter. Die Analysedaten werden durch Literaturdaten ergänzt und geben Auskunft zu der möglichen Schwankungsbreite von Schwermetallgehalten in einzelnen Abfallkomponenten. Eine statistische Abschätzung eines Mittelwertes, wie z. B. in [UG97], [BB96], [SCH96] vorgeschlagen, war hier nicht vorgesehen. Vielmehr werden jeweils minimale bzw. maximale Konzentrationen betrachtet. Unter Berücksichtigung dieser Schwankungsbreiten sind Aussagen zu der Wirksamkeit der Sortiermaßnahmen möglich.

Die Ergebnisse der Sortieranalysen zeigen, daß einzelne Abfallkomponenten wie z. B.:

- ◆ Feinmüll,
 - ◆ NE- und FE-Metalle,
 - ◆ langlebige Kunststoffstoffe,
 - ◆ Gummi und Leder sowie
 - ◆ Problemstoffe (hier Batterien, Elektronikschrott)
- bezüglich einzelner Schwermetalle höhere Konzentrationen im Vergleich zu anderen Abfallkomponenten aufweisen. Deshalb wird die Auswirkung einer Abtrennung einzelner bzw. aller genannten Abfallkomponenten auf die Schwermetallgehalte in der Schlacke im folgenden näher betrachtet.

Theoretische Abschätzung der Schwermetallkonzentrationen in der Schlacke
Ausgehend von den Konzentrationen der Schwerme-

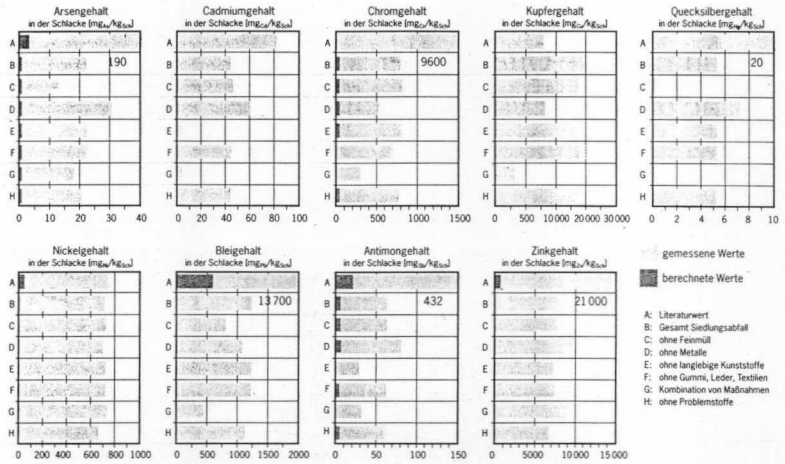


Abbildung 1:
Theoretischer Einfluss
von Sortiermaßnahmen
auf die Schwer-
metallkonzentrationen
in der Schlacke

talle in den einzelnen Abfallkomponenten und den jeweiligen Transferkoeffizienten wurden die Schwermetallgehalte in der Schlacke berechnet und Vergleichswerten für HMV-Schlacke z. B. aus [RE194], [SB95] gegenübergestellt.

Die graphische Darstellung der Ergebnisse in Abbildung 1 verdeutlicht folgendes:

- Die Abtrennung einzelner Abfallkomponenten bewirkt nur bei wenigen Schwermetallen eine theoretische Absenkung der entsprechenden Konzentrationen in der Schlacke. Beispielsweise führt die Abtrennung von Feinmüll zu niedrigeren Konzentrationen bezüglich Arsen und Quecksilber. Ähnliches gilt für die Abtrennung von langlebigen Kunststoffen bezüglich Cadmium und die Abtrennung der Metalle für Chrom und Kupfer.
- Der mögliche Schwankungsbereich der Schwermetallkonzentrationen ist in der Mehrzahl der Fälle deutlich größer, als die in wenigen Fällen theoretisch nachweisbare Absenkung der Konzentrationen durch die Abtrennung von einzelnen Abfallkomponenten. Die Größenordnung der Schwankungsbreite wird durch Literaturwerte bestätigt. Das belegt, daß aufgrund der heterogenen Zusammensetzung von Rest-Siedlungsabfällen zahlreiche Möglichkeiten des Eintrages von Schwermetallen in den Schlackepfad bestehen.

Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß diese Ergebnisse exemplarischen Charakter besitzen und ausschließlich die Grenzfälle maximaler bzw. minimaler Konzentrationen wiedergeben. Vor diesem Hintergrund war ergänzend eine experimentelle Überprüfung notwendig.

3. Experimentelle Untersuchungen

Hinsichtlich der hier gewählten Vorgehensweise der experimentellen Untersuchungen ist grundsätzlich zwischen Modellversuchen an einem Chargenrost mit

wenigen kg synthetisch hergestellter Modellabfälle und den Versuchen an einer Rost-Pilotanlage (max. thermische Leistung ca. 0,5 MW) mit mechanisch aufbereiteten Rest-Siedlungsabfällen zu unterscheiden. Es sei bereits an dieser Stelle angemerkt, daß bei den experimentellen Untersuchungen Rohschlacke beprobt und analysiert wurde. Eine durch Alterung verbundene Qualitätsverbesserung der Schlacke [CEH97] ist somit hier nicht gegeben. Im Vergleich zu gealterter HMV-Schlacke konnten somit eventuelle Einflüsse der Abfallzusammensetzung auf die Qualität der Schlacke deutlich herausgearbeitet werden. Zunächst sei näher auf die Chargenrostversuche eingegangen.

3.1 Chargenrost

Einsatzstoffe und Vorgehen

Aus einzelnen Abfallkomponenten wie Papier, Kunststoff, Biomüll usw. wurden verschiedene Modellabfälle unterschiedlicher Zusammensetzung synthetisch hergestellt. Einer Homogenisierung der Abfallkomponenten folgte eine Beprobung und Analyse hinsichtlich der Schwermetallgehalte. Im Vergleich mit den Werten der Sortieranalysen ergeben sich qualitative Übereinstimmungen mit Rest-Siedlungsabfällen. So tragen beispielsweise, wie erwähnt, langlebige Kunststoffe, Leder und Elektronikschrott im wesentlichen zu der Cadmiumfracht bei. Erhöhte Chromgehalte finden sich z. B. im Leder. Für Nickel sind den Ergebnissen der Sortieranalysen vergleichbare Gehalte in den Komponenten Kunststoffe, Teppiche und Bodenbeläge und Elektronikschrott enthalten. Hinsichtlich Kupfer sind z. B. Übereinstimmungen bezüglich der Komponenten Papier, Kunststoffe und Bodenbeläge festzustellen. Der höchste Kupferwert wird hier erwartungsgemäß bei beiden Untersuchungen für die Komponente Elektronikschrott erreicht.

Die Herstellung der in Abbildung 2 angeführten Modellabfälle I bis X orientierte sich an der aus den Sor-

Zusammensetzung des Modellabfalls I	Anteil feucht [Ma.-%]
Vegetabilien	17 %
Feinmüll (< 20 mm)	17 %
Papier (wiederverwertbar)	21 %
Papier (Getränkekartons)	1 %
Papier (nicht wiederverwertbar)	3 %
Kunststoff (Verpackung gefärbt)	7 %
Kunststoff (Verpackung ungefärbt)	3 %
Kunststoff (langlebige Konsumgüter)	3 %
Glas	4 %
Eisenmetalle	4 %
NE-Metalle	1 %
Textilien	3 %
Mineralien	4 %
Teppiche und Bodenbeläge	3 %
Leder	0,4 %
Gummi	0,4 %
Holz (unbehandelt)	2 %
Holz (behandelt)	5 %
Elektronikschratt	0,2 %
sonstige Problemabfälle	1 %

Abbildung 2a:
Zusammensetzung des Modellabfalls I

tieranalysen ermittelten Zusammensetzung von Rest-Siedlungsabfällen [MSE96]. Um die übliche große Schwankungsbreite der Feststoffkonzentrationen weiter einzuschränken, wurde bei der Herstellung der Modellabfälle X bis XIV auf schwer zu homogenisierende Abfallkomponenten (Metalle, Feinmüll, Bioabfälle, langlebige Kunststoffe) verzichtet und vergleichbar dem Vorgehen ähnlicher Untersuchungen z. B. [WAS94] homogene Kunststoffe mit definierten hohen Gehalten an Schwermetallen unterschiedlicher Flüchtigkeit (Cd, Zn, Pb, Cu) beigemischt.

Versuchsanlage und Versuchsdurchführung

Eine ausführliche Beschreibung der Versuchsanlage ist z. B. in [BS95] angegeben. Zunächst wird der Feuerraum mit einem Erdgasbrenner aufgeheizt und anschließend die Rostretorte mit dem Modellbrennstoff unter dem Feuerraum geschoben. Der kalte Brennstoff ist zu Versuchsbeginn von heißen Feuerraumwänden umgeben. Die Zündung setzt ähnlich wie in Rostfeuerungen hauptsächlich durch die Strahlungswärme der Feuerraumwände bzw. des Zündgewölbes ein. Die Reaktionsgaszufuhr erfolgt als Unterwind bzw. über Sekundärluftstutzen. Dabei ist sowohl die Einstellung bestimmter Sauerstoffkonzentrationen als auch eine

Vorwärmung des Unterwindes möglich. Vergleichbar Rostsystemen stehen als feuerungstechnische Parameter:

- ◆ Stufung und Menge des Reaktionsgases,
- ◆ Aufteilung des Reaktionsgases in Primär- und Sekundärluft,

◆ Sauerstoffgehalt im Reaktionsgas,

- ◆ Höhe des Brennstoffbettes,
- ◆ Intensität der Durchmischung und

◆ Vorwärmung des Reaktionsgases zur Verfügung.

Durch gezielte Variation der o.g. feuerungstechnischen Parameter ließen sich für die jeweiligen synthetischen Abfälle unterschiedlicher Zusammensetzung und verbrennungstechnischer Eigenschaften vergleichbare und reproduzierbare Prozeßbedingungen bei vollständigem Ausbrand der Verbrennungsrückstände einstellen. Nach der Zündung stiegen die Brennbett-Temperaturen über der Höhe der Schüttung bei der Prozeßführung der Verbrennung einheitlich auf ein Temperaturniveau zwischen θ_8 800 °C bis 1000 °C an. Die zeitlich mittlere Sauerstoffkonzentration Ψ_{O_2} bewegte sich zwischen 8 Vol.% bis 12 Vol.%.

Ergebnisse

Die Einflüsse der Abfallzusammensetzung auf die Qualität der Schlacke werden im folgenden jeweils getrennt anhand der Ergebnisse der Eluatuntersuchungen und der Feststoffkonzentrationen näher erläutert.

Nr.	Untersuchte Sortiermaßnahmen und resultierende synthetische Modellabfälle
I	Zusammensetzung vergleichbar Rest-Siedlungsabfällen entsprechend Tabella 2a
II	Modellabfall I ohne langlebige Kunststoffe
III	Modellabfall I ohne Metalle
IV	Modellabfall I ohne Feinmüll
V	Modellabfall I ohne Textilien, Leder, Gummi
VI	Modellabfall I ohne langlebige Kunststoffe, Metalle, Feinmüll, Textilien, Leder, Gummi
VII	Gesamt Mischung des synthetischen Abfalls mit hohem Anteil an Problemstoffen
VIII	zerkleinerter und homogener Rest-Siedlungsabfall
IX	zerkleinerter Rest-Siedlungsabfall ohne langlebige Kunststoffe, Metalle, Feinmüll, Textilien, Leder, Gummi
I*	Modellabfall I ohne Vegetab, Feinmüll, langlebige Kunststoffe, Metalle, Glas
X	Modellabfall I* und niedriger Anteil spezieller Kunststoffe
XI	Modellabfall I* und mittlerer Anteil spezieller Kunststoffe
XII	Modellabfall I* und hoher Anteil spezieller Kunststoffe
XIII	Modellabfall XI und zusätzliche Beimischung von Cadmium, Blei und Zink
XIV	Modellabfall XI und zusätzliche Beimischung von Kupfer

Abbildung 2b:
Untersuchte Sortiermaßnahmen I bis XIV

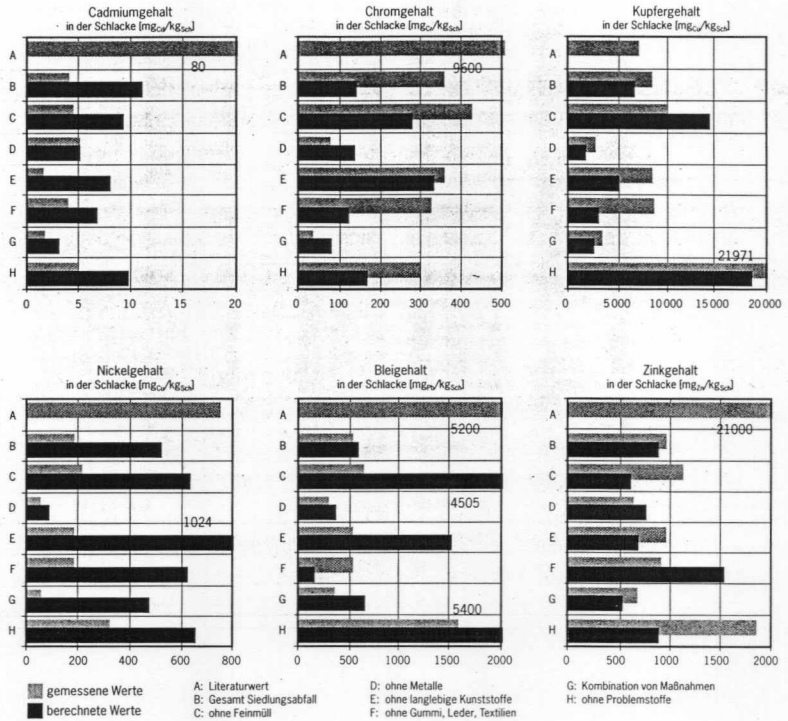


Abbildung 3: Berechnete und gemessene Schwermetallkonzentrationen in der Schlacke für die Chargenrostversuche mit den Modellabfällen I bis VII

Hinsichtlich der Eluatuntersuchungen nach DEVS4 [DIP98] für die Versuche mit den Modellabfällen I bis IX ist kein Einfluß der vorgeschalteten abfallwirtschaftlichen oder feuerungstechnischen Maßnahmen zu erkennen. Ein Vergleich der Ergebnisse der Eluatuntersuchungen mit den Kriterien für eine Verwertung bzw. Ablagerung ist aufgrund des Modellcharakters der Zusammensetzung des Abfalls und der Prozessbedingungen nur eingeschränkt möglich. Die Ergebnisse der Eluatuntersuchungen mit den Modellabfällen X bis XIV bestätigen, daß die Eluaterigenschaften der Schlacke auch durch relativ hohe Reststoffkonzentrationen der Schwermetalle Cd, Blei, Zn und Cu nicht beeinträchtigt werden. Vielmehr ist die Eluierbarkeit im wesentlichen eine Funktion des pH-Wertes [VDS91], [DIP89]. Hinsichtlich der Feststoffkonzentrationen der Schwermetalle in der Schlacke sei zunächst ein Vergleich zwischen den berechneten Schwermetallkonzentrationen in der Schlacke und den Meßwerten vorgenommen. Die Berechnung der Schwermetallkonzentrationen in der Schlacke erfolgt mit den Analysewerten für die Abfallkomponenten und den Transferkoeffizienten. Eine Ergebnisdarstellung zeigt die Abbildung 3. Die Mehrzahl der Meßwerte liegt im Bereich der Größenordnung der berechneten Werte und gibt

qualitativ den Einfluß einzelner Sortiermaßnahmen wieder. So liegen die berechneten und gemessenen Schwermetallkonzentrationen für Cadmium, Chrom, Kupfer und Blei bei der Kombination der Maßnahmen übereinstimmend im unteren Bereich der Schwankungsbreite. Die Abtrennung von NE- und FE-Metallen bewirkt rechnerisch für Chrom, Kupfer, Nickel und Blei einen relativ niedrigen Wert der jeweiligen Schwermetallkonzentration. Dies wird durch die Meßwerte bestätigt. Es sei angemerkt, daß eine Abtrennung von Metallen aus der Schlacke in der Praxis unvollständig ist. Einen Hinweis darauf geben die bei diesen Untersuchungen vermutlich auf größere metallische Bestandteile zurückzuführenden starken Streuungen der Meßwerte für die jeweiligen Doppelbestimmungen für Blei, Kupfer und Nickel. In Abbildung 4 wurden die Schwermetallgehalte für Pb, Cu, Ni und Cr in Abhängigkeit von dem gesamten Anteil der bei der Probenaufbereitung abgetrennten Metalle einer jeweiligen Schlackeprobe aufgetragen. An diesen Beispielen wird deutlich, daß die Schlackeaufbereitung hinsichtlich der darin enthaltenen Metalle einen großen Einfluß auf die Feststoffkonzentrationen der Schwermetalle haben kann. Eine etwa 10-fache Erhöhung des Anteils an Problemstoffen gegenüber üblichen Gehalten

in Rest-Siedlungsabfällen führt ebenfalls in Übereinstimmung mit der Rechnung insbesondere hinsichtlich des Bleis und Kupfers zu höheren Werten gegenüber der Schwankungsbreite. Dies ist im wesentlichen auf die relativ hohen Blei- und Kupferkonzentrationen in dem Elektronikschrott zurückzuführen und steht in Übereinstimmung mit vergleichbaren Untersuchungen [VM97]. Die Kombination von Maßnahmen führt in Übereinstimmung mit den o.g. Ergebnissen bei dem zerkleinerten Rest-Siedlungsabfall ebenfalls zu einer Absenkung der Konzentrationen in den Verbrennungsrückständen, hier für Blei, Nickel und Zink.

Die Modellabfälle XI bis XIV sind bezüglich ihrer Zusammensetzung nicht mit Restsiedlungsabfällen vergleichbar, weil sie sich aus homogenen Abfallkomponenten und speziell schwermetallhaltigen Kunststoffen (Cd, Pb, Zn, Cu) zusammensetzen. Hinsichtlich der Feststoffkonzentrationen der Modellabfälle X bis XIV sei zunächst ein Vergleich zwischen den berechneten und gemessenen Schwermetallkonzentrationen in Abbildung 5 vorgenommen. Grundsätzlich liegt auch hier eine Übereinstimmung der Größenordnungen der berechneten und gemessenen

Schwermetallkonzentrationen vor. Veränderliche Anteile der Kunststofffraktionen mit hohen Cd- und Pb-Feststoffkonzentrationen führen erwartungsgemäß zu entsprechend veränderten Blei- und

Cadmiumgehalten in der Schlacke. Änderungen der Konzentrationen einzelner Schwermetalle im Ausgangsmaterial werden insbesondere dann durch die Meßwerte der Schlackezusammensetzung qualitativ gut wiedergegeben, wenn es sich, wie am Beispiel des Cd, um stark ausgeprägte Änderungen der Konzentrationen im Ausgangsmaterial handelt.

3.2 Rost-Pilotanlage

Einsatzstoffe und Vorgehen

Auf der Grundlage der erwähnten Sortieranalyse [MSE96] wurde eine repräsentative Abfallbehandlungsanlage ausgewählt, deren Abfälle als Ausgangsmaterial für die Verbrennungsversuche dienten. Nach einer Vorzerkleinerung kamen jeweils II bis VI zur Anwendung. Zusätzlich wurde eine heizwertreiche Fraktion aus mechanisch-biologischer Aufbereitung und ein synthetischer Abfall des Jahres 2005 bereitgestellt.

Eine Probepfung und Analyse der Rest-Siedlungsabfälle fand unmittelbar vor den Untersuchungen statt. Stellt man die für Rest-Siedlungsabfälle üblichen Mittelwerte z. B. aus [VOG84], [BID90] gegenüber, so wird deutlich, daß sich die analysierten Werte innerhalb der Schwankungsbreite für Rest-Siedlungsabfall bewegen. Somit war analytisch kein Zusammenhang zwischen den Sortiermaßnahmen und deren theoretisch mögliche Auswirkung auf die Schwermetallgehalte im Abfall festzustellen.

Versuchsanlage und Versuchsdurchführung

Eine ausführliche Beschreibung der Rückschub®-Rost-Pilotanlage mit einer maximalen thermischen Leistung von ca. 0,5 MW ist z. B. in [BSW97] angegeben.

Rohmüll
Sortiermaßnahmen am Rohmüll führen nicht zu Minderungen der Schwermetallgehalte, die über die üblichen Schwankungen im Restmüll hinausgehen.

KOMPETENZ IN GEO- KUNSTSTOFFEN

BECO - ein Begriff für sicheres, wirtschaftliches Bauen mit Geokunststoffen und für ein Komplettprogramm mit Qualitätsprodukten.



DROPTEC®

Die seit 12 Jahren bewährte Schutz- und Drainagebahn für Deponie-Oberflächenabdichtungen.

DROPTEC ersetzt die Standsicherung, schützt die Abdichtung, verhindert Austrocknung und schafft zusätzliches Müllvolumen.

DROPTEC ist eine 35mm dicke Matte aus reinem Polyethylenschaum. Sie ist unverrottbar, chemikalienbeständig und kann mit Baumaschinen befahren werden.

Einsatzgebiete sind

- Oberflächenabdichtungen von Deponien
- begründete Dächer und Tiefgaragen
- Tunnelbauwerke
- Vertikaldrainagen

Beim Einsatz auf Böschungen löst DROPTEC Standsicherheitsprobleme durch überlegene Reibungswinkel und eine hohe innere Scherfestigkeit.

DROPTEC gibt Planern und Bauherren hohe Sicherheit.

Bitte nehmen Sie für weiteren Informationskontakt mit uns auf.



BECO

Bermüller & Co GmbH

90451 Nürnberg • Rottdamer Straße 7

Telefon 0911/64 200-0 • Telefax 0911/64 200-51

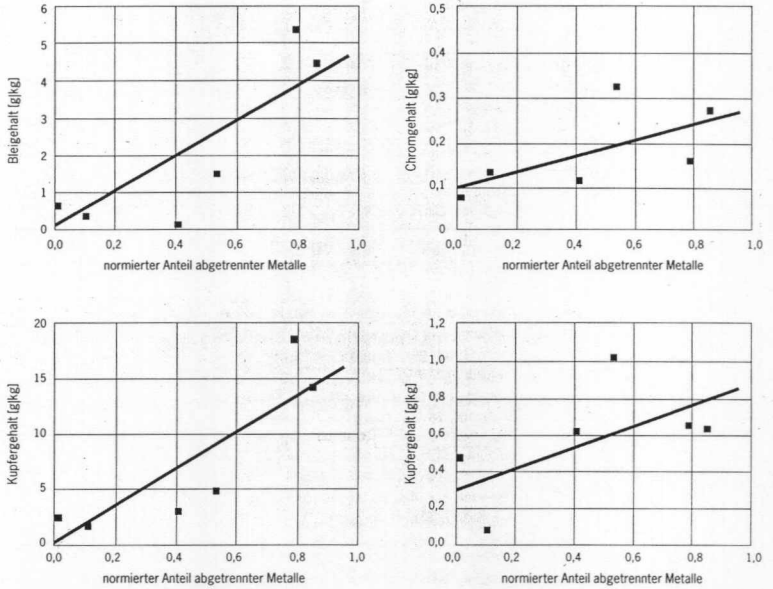


Abbildung 4: Abhängigkeit der Feststoffkonzentrationen der Schwermetalle von dem FE- und dem NE-Metallgehalt in der Schlacke

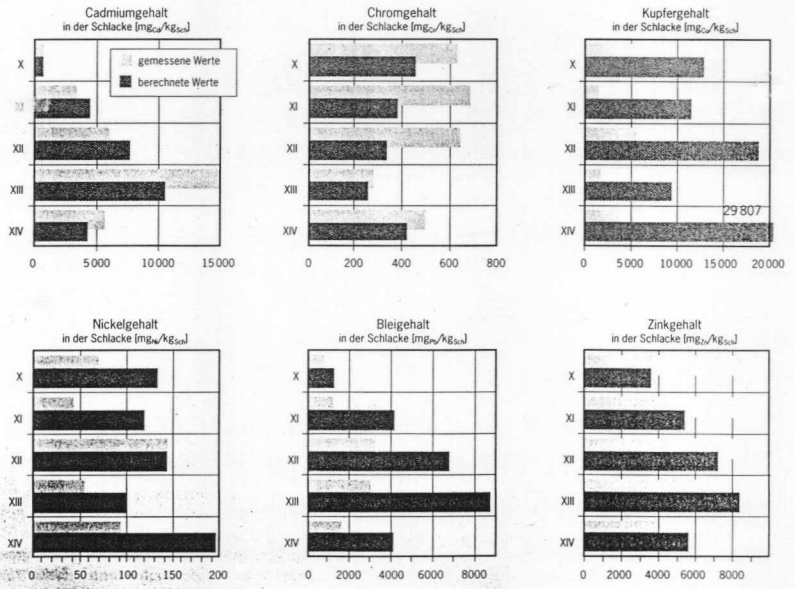


Abbildung 5: Berechnete und gemessene Schwermetallkonzentrationen in der Schlacke für die Chargenrostversuche mit den Modellabfällen X bis XIV

Bezeichnung	Einheit	Nullversuch	ohne langlebige Kunststoffe	ohne Metalle	ohne Feinmüll	ohne Gummi, Leder, Textilien	Kombination von Maßnahmen	MBA Fraktion	Abfall 2005	LAGA-Richtlinie (MVA-Schlacke)	NRW-Richtlinie (MVA II)
Maßnahme	I	II	III	IV	V	VI					
TOC	[Ma, %]	0,20	0,18	0,99	0,05	0,16	0,07	0,14	0,14	5	2,5
Eluatkriterien											
pH-Wert	{}	10,5	10,5	12,1	11,7	11,3	12	11,7	12,7	5,5-13	7-13
Leitfähigkeit	[µS/cm]	1900	2100	2800	3000	1650	4050	1850	6600	5000	1000
Arsen	[mg/L]	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,005	k. B.
Blei	[mg/L]	0,003	0,001	0,048	0,019	0,055	0,5	0,031	0,95	0,05	0,05
Cadmium	[mg/L]	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,005	0,005
Chrom	[mg/L]	0,002	0,0035	0,38	1,4	0,11	0,5	0,95	0,47	0,05	0,05
Kupfer	[mg/L]	0,011	0,0055	0,002	0,005	0,0035	0,0018	0,0045	0,006	0,3	0,3
Nickel	[mg/L]	0,002	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,04	k. B.
Quecksilber	[mg/L]	< 0,00003	< 0,00005	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	0,001	k. B.
Zink	[mg/L]	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,475	0,3	0,3
größer als Qualitätsanforderung für Verwertung			< : kleiner als die Nachweisgrenze				n. b.: nicht bestimmt			k. B.: keine Begrenzung	

Abbildung 6:
Eluatwerte der Versuche an der Rest-Pilotanlage mit vorbereitetem Rest-Siedlungsabfall

Insgesamt wurden acht Versuche mit maximal ca. 2 t der jeweils mechanisch aufbereiteten Rest-Siedlungsabfälle durchgeführt. Die Prozeßbedingungen lassen sich wie folgt charakterisieren:

- ◆ Es lagen bei allen Versuchen Prozeßbedingungen vergleichbar der Verbrennung in großtechnischen Rostsystemen mit Abgastemperaturen zwischen ca. 860 °C bis ca. 1080 °C, einer Gesamtluftzahl $\lambda_{ges} = 1,5$ bis $\lambda_{ges} = 1,7$ und einer mittleren Verweilzeit des Abgases nach der letzten Luftzugabe von ca. $\tau = 4$ Sekunden vor.

Ergebnisse

Die Verbrennungsrückstände aller Versuche wurden entsprechend den üblichen Richtlinien [LAG83], [CEH97] beprobt und im Hinblick auf Qualitätsanfor-

derungen einer Verwertung untersucht. Die Abbildung 6 gibt einen Überblick zu den Ergebnissen der Eluatuntersuchungen der Schlacke im Vergleich zu den o. g. Qualitätsanforderungen und Mittelwerten für Schlacken aus HMV. Hier liegt die Mehrzahl der Meßwerte unterhalb der Nachweisgrenze bzw. erfüllt die angegebenen Qualitätsanforderungen für eine Verwertung z. B. nach LAGA-Merkblatt bzw. NRW-Richtlinie. Die Feststoffkonzentrationen der Schwermetalle sind in Abbildung 7 den theoretisch berechneten Feststoffkonzentrationen der Schwermetalle in der Schlacke gegenübergestellt. Es wird deutlich, daß die Mehrzahl der Meßwerte hinsichtlich der Größenordnung plausibel erscheint. Übereinstimmend lagen die Meßwerte der Schwermetallkonzentrationen im Abgas unabhängig von den Maßnahmen bzw. den Einsatzstoffen

A

Alle Abfallformulare

(Anträge, Bescheide, Nachweise, Begleitscheine, Übernahmescheine)

Gefahrgutlabel

(auch magnetisch)

Unfallmerkleblätter

Literatur

Absperband

Dössel & Rademacher

BRANDSTWIETE 42 · D-20457 HAMBURG · TELEFON (0 40) *32 32 30-0 · TELEFAX (0 40) 32 32 30 30

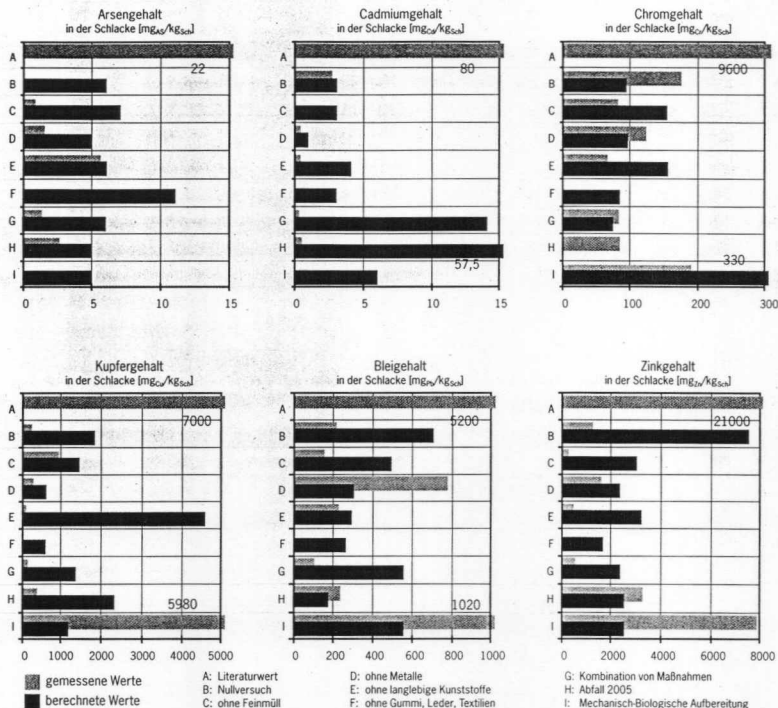


Abbildung 7: Berechnete und gemessene Schwermetallkonzentrationen in der Schlacke für die Versuche an der Rost-Pilotanlage mit verschiedenen Rest-Siedlungsabfällen

innerhalb der Schwankungsbreiten für unbehandelten Rest-Siedlungsabfall einzelner Schwermetalle.

4. Zusammenfassung

Im Rahmen der Phase II des UFOPLAN-Forschungsvorhabens „Einfluß der Abfallzusammensetzung auf Schadstoffgehalt und -menge der Verbrennungsrückstände“ wurden theoretische Überlegungen und Verbrennungsversuche an einem Chargenrost und einer Rost-Pilotanlage durchgeführt. Die Zielstellung bestand darin, den Einfluß der Abtrennung einzelner schwermetallhaltiger Abfallkomponenten von thermisch zu behandelnden Rest-Siedlungsabfällen im Hinblick auf die Elutionseigenschaften und Schwermetallkonzentrationen der Schlacke zu untersuchen.

Ausgehend von Sortieranalysen und Transferkoeffizienten zeigten theoretische Abschätzungen, daß abfallwirtschaftliche Maßnahmen zu geringfügigen Änderungen der Schwermetallkonzentrationen in der Schlacke führen können. Die Herstellung eines synthetischen Abfalls für Modelluntersuchungen an einem Chargenrost orientierte sich an Sortieranalysen. Die Elutionseigenschaften der Schlacke waren unabhängig von der Zusammensetzung der synthetischen Ab-

fälle. So bewirkten vergleichsweise hohe Konzentrationen einzelner Schwermetalle in der Schlacke keine Veränderung hinsichtlich der Elution. Die experimentell ermittelten Schwankungsbreiten der Feststoffkonzentrationen der Schwermetalle in der Schlacke entsprachen überschlägig berechneten Werten. Vergleichbar den theoretischen Überlegungen ergaben sich Hinweise darauf, daß die Abtrennung der Metalle bzw. sämtlicher hinsichtlich der Schwermetalle relevanten Abfallkomponenten zu einer geringfügigen Absenkung der Schwermetallkonzentrationen in der Schlacke führen kann. Gleichzeitig wurde jedoch deutlich, daß diese Einflüsse im Vergleich zu der möglichen Schwankungsbreite der Schwermetallkonzentrationen in der Schlacke von untergeordneter Bedeutung sind. Bei Untersuchungen mit Rest-Siedlungsabfällen an einer Rost-Pilotanlage erfüllten alle Schlacken unabhängig von der Abtrennung einzelner Abfallkomponenten die Qualitätsanforderungen für eine weitere Verwertung. Die ermittelten Schwermetallkonzentrationen in der Schlacke lagen ebenso wie die Emissionen der Schwermetalle im Abgas innerhalb der üblichen Schwankungsbreite der Angaben für Schlacken aus der Verbrennung von unbehandeltem Rest-Sied-

lungsabfall. Eine Absenkung der Schwermetallkonzentrationen in den Verbrennungsrückständen durch die vorgeschalteten abfallwirtschaftlichen Maßnahmen war analytisch nicht festzustellen.

Es bleibt somit festzuhalten, daß theoretische Überlegungen auf der Grundlage von Sortieranalysen und Verbrennungsversuche an einem Chargenrost bzw. an einer Rost-Pilotanlage übereinstimmend belegen, daß entsprechend der Heterogenität von Rest-Siedlungsabfall zahlreiche Möglichkeiten des Eintrages von Schwermetallen in die Schlacke bestehen. Durch eine Abtrennung von einzelnen bzw. allen hinsichtlich der Schwermetalle relevanten Abfallkomponenten konnte kein signifikanter Einfluß auf die Qualität der Schlacke erreicht werden.

5. Danksagung

Wir möchten uns bei folgenden Unternehmen für die finanzielle Unterstützung der im Abschnitt 3.1 beschriebenen Chargenrostversuche bedanken:

- ◆ Austrian Energy & Environment, Graz
- ◆ Bremer Entsorgungsbetriebe, BEB, Bremen
- ◆ Bremerhavener Entsorgungsgesellschaft mbH, BEG, Bremerhaven
- ◆ Container Company GmbH & Co KG, Hagen-Kabel
- ◆ Heidemann Recycling GmbH, Stade
- ◆ L. & C. Steinmüller GmbH, Gummersbach
- ◆ Müllverbrennungsanlage Stapelfeld, Stapelfeld
- ◆ Martin GmbH für Umwelt und Energietechnik, München
- ◆ NOELL Abfall- und Energietechnik GmbH, Würzburg
- ◆ STRABAG, Straßen- und Tiefbau AG, Aufbereitung und Verwertung, Krefeld.

Literaturangaben

- [BB96] Bauer, G.; Brunner, P.H.: Die Berücksichtigung der Unsicherheit bei Bestimmung der Abfallzusammensetzung aus den Produkten der Abfallbehandlung; Müll und Abfall, Erich Schmidt Verlag GmbH, Berlin, Heft 1, 1996.
- [BD90] Bidlingmaier, W.: Schwermetalle im Hausmüll; Herkunft, Schädigung, Analyse; Erich Schmidt Verlag GmbH, Berlin, 1990.
- [BS95] Beckmann, M.; Scholz, R.: Simplified Mathematical Model of Combustion in Stoker Systems; Proceedings of 3rd European Conference on Industrial Furnaces and Boilers, Lisbon, Portugal, 18.-21. 4. 1995.
- [BSW97] Beckmann, M.; Scholz, R.; Wiese, C.; Davidovic, M.: Optimization of Waste Materials in Grate Systems; Proceedings of International Conference on Incineration & Thermal Treatment Technologies, San Francisco-Oakland Bay, 12.-16. Mai 1997.
- [CH97] Chandler, A.J.; Eighmy, T.T.; Hartlen, J.; Hjelmar, O.; Kosson, D.S.; Sawell, S.E.; van der Sloot, H.A.; Vehlou, J.: Municipal solid waste incinerator residues; The International Ash Working Group (IAWG), Elsevier Verlag, Amsterdam, 1997.
- [DV98] Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlamm-Untersuchung; Physikalische, chemische, biologische und bakteriologische Verfahren; herausgegeben von der Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker in Gemeinschaft mit dem Normenausschuß Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 1998.
- [DIP89] Di Pietro, J.V.; Collins M.R.; Guay, M.; Eighmy, T.T.: „Evaluation of pH and Oxidation/Reduction Potential on Leachability of Municipal Solid Waste Incinerator Residues“; Proceedings of International Conference on Municipal Waste Combustion, Hollywood, 1989.
- [FGS86] Forschungsgemeinschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Merkblatt über die Verwendung von industriellen Nebenprodukten im Straßenbau – Teil: Müllverbrennungssasche, Köln, 1986.
- [HMV94] Hunsiger, H.; Merz, A.; Vogg, H.: Beeinflussung der Schlackequalität bei der Rostverbrennung von Rest-Siedlungsabfall; GVC-Symposium Abfallwirtschaft – Herausforderung und Chance, Würzburg, 17.-19. Oktober 1994.

[JH95] Johnke, B.:

Schlackeverwertung und -entsorgung unter Beachtung der Vorgaben gesetzlicher und technischer Regeln; VDI-Bildungswerk, Seminar 43-76-03, 1995.

[LAG83] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, PN 2/78: Grundregeln für die Entnahme von Proben aus Abfällen und abgelagerten Stoffen, Stand Dez. 1983.

[MSE96] Mast, P.-G.; Süßkraut, G.; vd. Elsen, H.; Steketer, J.: Einfluß der Abfallzusammensetzung auf Schadstoffgehalt und -menge der Verbrennungsrückstände; Bericht zu der Phase II des gleichnamigen Forschungsvorhabens; Förderkennzeichen 103 10 903 des Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, TAUW Umwelt GmbH, Berlin, 1996; und mündliche Angaben der Tauw Umwelt GmbH, Berlin, 1998.

[RBM94] Ramm, F.; Behnke, S.; Martin, J.: Qualitätsverbesserungen von Schlacke durch Primärmaßnahmen nach System Martin; in Müll und Abfall: Entsorgung von Schlacken und sonstigen Rückständen – Heft 31, S. 51–56, Erich Schmidt Verlag GmbH, Berlin, 1994.

[RE194] Reimann, D.O.:

Menge, Beschaffenheit und Verwertungsmöglichkeiten von MV-Schlacke-Gesamtübersicht; in Müll und Abfall: Entsorgung von Schlacken und sonstigen Rückständen – Heft 31, S.33, Tabelle 2, Erich Schmidt Verlag GmbH, Berlin, 1994.

[RE294] Reimann, D.O.:

Menge, Beschaffenheit und Verwertungsmöglichkeiten von MV-Schlacke-Gesamtübersicht; in Müll und Abfall: Entsorgung von Schlacken und sonstigen Rückständen – Heft 31, S.57–61, Erich Schmidt Verlag GmbH, Berlin, 1994.

[SB95] Schachermer, E.; Bauer, G.; Ritter, E.; Brunner, P.H.: Messung der Güter- und Stoffbilanz einer MVA, Monographien Bd. 56, Hrsg. Umweltbundesamt, BMU, Wien, 1995.

[SCH96] Schachermer, E.:

Stoffflüsse bei der klassischen Abfallverbrennung; Schadstoffsenke in den Abgasreinigungsrückständen, Tagungsband des vom deutschen Umweltbundesamt, Berlin, veranstalteten Statusseminar „Stoffmanagement in thermischen Abfallbehandlungsanlagen“, 29. und 30. Januar 1996, Duisburg.

[TA93] Dritte Allgemeine Verwaltungsverordnung zum Abfallgesetz; Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstiger Entsorgung von Siedlungsabfällen (TA Siedlungsabfall), vom 14.05.1993; Bundesanzeiger vom 29.Mai 1993, Nr. 99a.

[UG97] Uerkvitz, R.; Goetz, D.:

Schätzung von Stoffkonzentrationen in Produkten der Abfallbehandlung bei asymmetrischer Streuung von Analysewerten; Müll und Abfall, Erich Schmidt Verlag GmbH, Berlin Heft 10, 1997.

[VDS91] van der Sloot, H.:

Systematic Leaching Behaviour of Trace Elements from Construction Materials and Waste Materials, Waste Materials in Construction; Proceedings of the International Conference on Environmental Implications of Construction with Waste Materials, Elsevier-Verlag, Amsterdam, 1991.

[VHM94] Merz, A.; Hunsinger, H.; Vogg, H.; Heinz, G.:

Abfallverbrennung in Kofeuerungssystemen, Auswirkungen der Feuerungsführung auf Gutwert- und Feuerräumtemperaturen sowie auf das Verbrennungsergebnis; VGB-Tagungsbericht „Feuerungen 1994“, 1994.

[VM97] Vehlou, J.; Mark, F.E.:

Electrical and electrical plastics waste co-combustion, technical paper from association of plastics manufacturers in europe (apme), Brüssel, Februar 1997.

[VOG84] Vogg, H.:

Verhalten von (Schwer-)Metallen bei der Verbrennung kommunaler Abfälle; Chemie-Ing.-Technik, Jg. 56, Nr. 10, 1984.

[WAS94] WASTE Programm 1994:

The Waste Analysis, Sampling, Testing and Evaluation; The effect of waste stream characteristics on municipal solid waste incineration – the fate and behaviour of trace metals, Volume 1: Summary report of the study conducted at the Burnaby Energy-from-Waste Facility (BC, Canada), Environment Canada et al., 1994.

Anschrift der Verfasser

Dr. Ing. M., Dipl.-Ing. C. Wiese Beckmann
Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH, (CLUTEC)
Leibnizstraße 23, D-38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: (0 53 23) 933-0
Fax: (0 53 23) 933-100

Dr. Ing. P.-G. Mast
TAUW Umwelt Ingenieurbüro Berlin
Schlegelstraße 8, D-10115 Berlin
Tel.: (030) 28 51 83-0
Fax: (030) 28 51 83-11

Dipl.-Ing. B. Johnke
Umweltbundesamt Berlin
Seckstraße 6 - 10, D-13581 Berlin
Tel.: (030) 89 03-0
Fax: (030) 89 03-32 32