

# Untersuchung von Abfällen aus der thermischen Abfallbehandlung



Einschätzung der Gefährlichkeit der Abfälle an Hand der gefahrenrelevanten Eigenschaften (H-Kriterien) und Bewertung der Entsorgungswege

Kurzbericht



**SACHSEN-ANHALT**

Landesamt für Umweltschutz



# Untersuchung von Abfällen aus der thermischen Abfallbehandlung

Einschätzung der Gefährlichkeit der Abfälle an Hand der gefahrenrelevanten Eigenschaften (H-Kriterien) und Bewertung der Entsorgungswege

Kurzbericht

Berichte des  
Landesamtes für Umweltschutz  
Sachsen-Anhalt

2012 – Heft 3

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Zielstellung</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Projektbeschreibung</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Thermische Abfallbehandlung</b> .....	<b>6</b>
4.1	Hausmüllverbrennung .....	6
4.2	Reststoffe .....	7
4.3	Schlackeaufbereitungsanlagen .....	9
<b>5</b>	<b>Untersuchung an Reststoffen der thermischen Abfallbehandlung</b> .....	<b>9</b>
5.1	Probenahme .....	9
5.2	Analytische Methoden .....	11
<b>6</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>13</b>
6.1	Statistische Auswertung der Analysenergebnisse .....	13
6.2	Bewertung der Abfälle .....	14
6.3	Berücksichtigungsgrenzen .....	14
6.4	Löslichkeitsuntersuchung .....	15
6.5	Abfallgenese.....	15
6.6	Kennzeichnungspflichtige Verbindungen, die in Verbrennungsrückständen vorliegen können.....	15
<b>7</b>	<b>Einstufungssystematik</b> .....	<b>15</b>
7.1	Einstufung von Schlacken (nach der Aufbereitung) .....	15
7.2	Einstufung von Schlacken aus Müllverbrennungsanlagen (vor der Aufbereitung) .....	25
7.3	Einstufung von Schlacken aus Verbrennungsanlagen, die Ersatzbrennstoffe verbrennen (vor der Aufbereitung) .....	31
7.4	Einstufung von Kesselstäuben aus Müllverbrennungsanlagen und Verbrennungsanlagen, die Ersatzbrennstoffe verbrennen .....	36
7.5	Einstufung von Filterstäuben aus Müllverbrennungsanlagen.....	42
7.6	Einstufung von Filterkuchen bzw. festen Abfällen aus der Abgasbehandlung aus EBS- Heizkraftwerken .....	47
7.7	Zusammenfassung der Einstufung von Abfällen aus der thermischen Abfallbehandlung.....	53
<b>8</b>	<b>Einschätzung der Entsorgungsmöglichkeiten der untersuchten Rückstände aus Verbrennungsanlagen</b> .....	<b>54</b>
8.1	Einsatz im Bergversatz.....	54
8.2	Ablagerbarkeit auf oberirdischen Deponien .....	54
	<b>Rechtsgrundlagen</b> .....	<b>56</b>
	<b>Anhang</b> .....	<b>57</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Allgemeine Konzentrationsgrenzwerte für „giftig“ und „sehr giftig“ nach Anhang II RL 1999/45/EG, Teil B .....	17
Tabelle 2: Wasserlöslichkeit giftiger Nickelverbindungen.....	17
Tabelle 3: Allgemeine Konzentrationsgrenzwerte für krebserzeugend nach Anhang II RL 1999/45/EG, Teil B .....	18
Tabelle 4: Wasserlöslichkeit ausgewählter krebserzeugender Chromverbindungen .....	19
Tabelle 5: Allgemeine Konzentrationsgrenzwerte für „fortpflanzungsgefährdend“ nach Anhang II RL 1999/45/EG Teil B .....	20
Tabelle 6: Für die Einstufung als ökotoxisch zu berücksichtigende Verbindungen (nur Stoffe, deren Elemente über der Berücksichtigungsgrenze für die Verbindung liegen) .....	21
Tabelle 7: Maximalwerte der Kupfer- und Zink-Gesamtgehalte in aufbereiteter Schlacke .....	22
Tabelle 8: Salzsäurelösliche Elemente in Schlacke .....	22
Tabelle 9: Salzsäurelösliche Elemente in Schlacke nach Dotierung mit metallischem Kupfer .....	23
Tabelle 10: Salzsäurelösliche Elemente in Schlacke nach Dotierung mit Kupfer(I)oxid .....	24
Tabelle 11: Kupferwerte einer Schlacke einer MVA.....	26
Tabelle 12: In Schlacken der MVA überschrittene Berücksichtigungsgrenzen bei Vorliegen folgender Verbindungen .....	27
Tabelle 13: Alkalische Reserve (Maximalwert für frisch angefallene Rost- & Kesselaschen) .....	28
Tabelle 14: Konzentrationsgrenzwerte für Borverbindungen .....	29
Tabelle 15: Für die Einstufung als ökotoxisch zu berücksichtigende Verbindungen (nur Stoffe, deren Elemente über der Berücksichtigungsgrenze für die Verbindung liegen) .....	30
Tabelle 16: Maximalwerte der Kupfer- und Zink-Gesamtgehalte in Schlacken der MVAs .....	30
Tabelle 17: Elementgehalte in Schlacken der EBS, die bei Vorliegen der Verbindung über der Berücksichtigungsgrenze liegen.....	33
Tabelle 18: Für die Einstufung als ökotoxisch zu berücksichtigende Verbindungen (nur Stoffe, deren Elemente über der Berücksichtigungsgrenze für die Verbindung liegen) .....	35
Tabelle 19: Mittelwerte der Kupfer- und Zink-Gesamtgehalte in Rohschlacken der EBS-Kraftwerke.....	36
Tabelle 20: Elemente in Kesselstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „gesundheitsschädlich“ .....	37
Tabelle 21: Elemente in Kesselstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „giftig“ „sehr giftig“ .....	38
Tabelle 22: Elemente in Kesselstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „krebserzeugend“ .....	39
Tabelle 23: Elemente in Kesselstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „reproduktionstoxisch“ .....	40
Tabelle 24: Elemente in Kesselstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „sensibilisierend“ .....	40
Tabelle 25: Für die Einstufung als ökotoxisch zu berücksichtigende Verbindungen (nur Stoffe, deren Elemente über der Berücksichtigungsgrenze für die Verbindung liegen) .....	41
Tabelle 26: Maximalwerte der Blei-, Kupfer- und Zink-Gesamtgehalte Kesselstäuben.....	41
Tabelle 27: Einstufung der Kesselstäube .....	42
Tabelle 28: Elemente in MVA- Filterstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „reizend“ .....	43
Tabelle 29: Elemente in MVA- Filterstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „gesundheitsschädlich“ .....	44

Tabelle 30: Elemente in MVA- Filterstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „giftig“, „sehr giftig“ .....	44
Tabelle 31: Elemente in MVA- Filterstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „krebserzeugend“ .....	45
Tabelle 32: Elemente in MVA- Filterstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „reproduktionstoxisch“ .....	46
Tabelle 33: Für die Einstufung als ökotoxisch zu berücksichtigende Verbindungen (nur Stoffe, deren Elemente über der Berücksichtigungsgrenze für die Verbindung liegen) .....	46
Tabelle 34: Maximalwerte der Blei-, Kupfer- und Zink- Gesamtgehalte in MVA- Filterstäuben .....	47
Tabelle 35: Einstufung der MVA- Filterstäube .....	47
Tabelle 36: Maximale Elementgehalte in Filterstäuben aus EBS- Verbrennungsanlagen .....	48
Tabelle 37: Elemente in EBS- Filterstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „gesundheitsschädlich“ .....	48
Tabelle 38: Elemente in EBS- Filterstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „giftig/sehr giftig“ .....	49
Tabelle 39: Elemente in EBS- Filterstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „krebserzeugend“ .....	50
Tabelle 40: Elemente in EBS- Filterstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „reproduktionstoxisch“ .....	51
Tabelle 41: Für die Einstufung als ökotoxisch zu berücksichtigende Verbindungen (nur Stoffe, deren Elemente über der Berücksichtigungsgrenze für die Verbindung liegen) .....	51
Tabelle 42: Maximalwerte der Blei-, Kupfer- und Zink-Gesamtgehalte .....	52
Tabelle 43: Einstufung der Filterkuchen bzw. festen Abfälle aus der Abgasbehandlung aus EBS- Kraftwerken .....	52

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schlacke im Schlackebunker .....	7
Abbildung 2: Kesselstaub .....	8
Abbildung 3: Unverbrannte Metalle und angeschmolzene Messingteile in einer EBS- Schlacke .....	8
Abbildung 4: Beprobung aus ruhenden Haufwerken .....	10
Abbildung 5: Beprobung von Filterstaub .....	10
Abbildung 6: Beprobung von Schlacke .....	10

## **1 Einführung**

Das Landesamt für Umweltschutz hat im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt am 07.09.2011 den Auftrag für das Projekt „Untersuchung von Abfällen aus der thermischen Abfallbehandlung, Einschätzung der Gefährlichkeit der Abfälle an Hand der gefahrenrelevanten Eigenschaften (H-Kriterien) und Bewertung der Entsorgungswege“ an die CLU GmbH – Chemisches Labor für Umweltanalytik Halle (Saale) vergeben. Die Untersuchungen wurden im Zeitraum von September 2011 bis März 2012 durchgeführt. Mit der Vorlage des Abschlussberichts am 31. März 2012 wurde das Projekt beendet.

## **2 Zielstellung**

Das Ziel des Projektes besteht darin, Abfälle aus thermischen Behandlungsanlagen (TBA) sowie von Anlagen, die Abfälle aus TBA aufbereiten, hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und ihres Auslaugungsverhaltens zu charakterisieren.

Schwerpunkt ist die Bewertung der gefährlichen Eigenschaften und Merkmale zur Einstufung der Abfälle entsprechend der gesetzlichen Grundlagen (s. unter 6.2) sowie die Bewertung der Möglichkeiten der stofflichen Verwertung gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz /1/.

## **3 Projektbeschreibung**

In je zwei Müllverbrennungsanlagen, Ersatzbrennstoffkraftwerken und Schlackeaufbereitungsanlagen wurden über den Zeitraum vom 27.09. bis 22.11.2011 je dreimal im mehrwöchigen Abstand Abfallstoffströme beprobt. Von den insgesamt 84 Proben sind 60 Proben unmittelbar nach der Probennahme analysiert worden, weitere 24 Proben wurden nach 90-tägiger Lagerung untersucht, um das Reifeverhalten von Schlacken zu vergleichen.

## **4 Thermische Abfallbehandlung**

### **4.1 Hausmüllverbrennung**

Im Eingangsbereich einer Hausmüllverbrennungsanlage werden die angelieferten Abfälle kontrolliert und verwogen und anschließend in einen Müllbunker verkippt. Durch Ansaugen der Verbrennungsluft im Müllbunker und Schaffung eines Unterdrucks können Geruchsbelästigungen in der Umgebung der Anlage vermieden werden.

Die Aufgabe der Abfälle in die Feuerung erfolgt über Brückenkrane. Durch einen Aufgabetrichter wird der Abfall mechanisch in den Feuerraum befördert. Die Rostfeuerung ist die gebräuchlichste Art der Feuerung bei der Hausmüllverbrennung.

Bei der Wärmerückgewinnung werden die Strahlungs- und Konvektionswärme aus der Verbrennung genutzt. Mit dem erzeugten Prozessdampf werden Dampfturbinen zur Stromerzeugung und Wärmetauscher zur Fernwärmeauskopplung betrieben.

Im Bereich der Kesselzüge anfallende Flugaschen werden in der Regel gemeinsam mit den Flugaschen des im Anschluss an den Kessel befindlichen Staubfilters erfasst. Die weitere Rauchgasreinigung erfolgt mittels Gaswäschern (nasse Gasreinigung), durch Zugabe von Feststoffen, die das Abgas neutralisieren und dekontaminieren (trockene Gasreinigung) oder durch Wäscher, deren verbrauchte Waschflüssigkeit im Rauchgas versprüht, getrocknet und anschließend getrennt oder im Gemisch mit Flugstaub in Staubfiltern aufgefangen wird (quasitrockene Gasreinigung).

Die Entfernung von nitrosen Gasen (NO<sub>x</sub>) aus den Abgasen erfolgt durch Zugabe von Ammoniak oder Ammoniumverbindungen in den Kessel oder die Abgasstrecke. Der freigesetzte Ammoniak reagiert mit dem NO<sub>x</sub> im Abgas zu Stickstoff und Wasser.

## 4.2 Reststoffe

In modernen Müllverbrennungsanlagen (MVA) erfolgt eine gezielte Trennung bzw. Erfassung der verschiedenen Rückstände aus der Verbrennung und der Rauchgasreinigung. Dies ermöglicht eine spezifische Behandlung der enthaltenen Schadstoffe, um bestmöglich zu verwerten oder die Stoffe einer gezielten Beseitigung zuzuführen.

Folgende Abfälle entstehen dabei:

- Rost- und Kesselaschen sowie Schlacken (Verbrennungsrückstände aus dem Feuerraum),
- Flugaschen und Filterstäube (aus der Wärmerückgewinnung und der Staubabscheidung),
- Filterstäube aus trockenen oder quasitrockenen Rauchgasreinigungsverfahren,
- Filtersalze, Salzlösungen und schwermetallhaltige Schlämme aus nassen Rauchgasreinigungsverfahren,
- beladene Adsorbentien aus der Rauchgasnachreinigung.



Abbildung 1: Schlacke im Schlackebunker



**Abbildung 2: Kesselstaub**



**Abbildung 3: Unverbrannte Metalle und angeschmolzene Messingteile in einer EBS-Schlacke**

Der Stoffstrom der Schlacken aus der MVA nimmt mengenmäßig den größten Anteil an den Verbrennungs- und Rauchgasreinigungsrückstände ein. 20 – 30 % des verbrannten Abfalls fallen als Schlacke an. Die Schlacken werden mechanisch aufbereitet, um den Wertstoff Metall zu entnehmen (Eisen- und Nichteisenmetalle) und dieses als Recyclingmaterial weiter stofflich zu nutzen. Nach entsprechender Zwischenlagerung werden die Schlacken zum Beispiel im Straßenbau als Tragschichtmaterial verwertet. Der Reifeprozess ist erforderlich, um die freie Alkalität, die bei der Verbrennung entsteht, abzubauen und damit die Auslaugbarkeit bestimmter Schwermetalle (vor allem Blei) zu verringern. Dieser als Karbonatisierung bezeichnete Prozess entspricht der Stoffumwandlung unter Aufnahme von Kohlendioxid aus der Luft, die auch das Abbinden von Kalk in Mauermörtel bewirkt.



Aus der Wärmerückgewinnung fallen 0,5 – 1 % des Abfallgewichts als Kesselasche an, in der anschließenden Entstaubung noch einmal 1 – 3 %. Filterasche. Kessel- und Filteraschen werden gegenwärtig überwiegend im Untertageversatz in versatzpflichtigen Salzbergwerken verwertet.

In der nassen Rauchgaswäsche fallen zwischen 0,5 – 2 % des Abfallgewichts als feste Salze oder entsprechen mehr in Form wässriger Lösungen an. Auch hier findet in der Regel eine Verwertung im Untertageversatz statt.

Beladene Adsorbentien wie z. B. Aktivkohle aus der Rauchgasnachreinigung (ca. 0,2 - 0,5 % des Abfallgewichts) können entweder in den Feuerraum zurückgeführt, in speziellen Anlagen regeneriert oder in Verbrennungsanlagen entsorgt werden.

Abfälle aus der festen oder quasitrockenen Gasreinigung entstehen in der Regel als Gemisch des neutralisierenden Additivs (meist Kalkhydrat oder Natriumbicarbonat) und als Adsorbens (meist Herdofenkoks, vereinzelt noch Aktivkohle) und werden überwiegend im Bergversatz verwertet.

### **4.3 Schlackeaufbereitungsanlagen**

Die in TBA anfallenden Schlacken werden in Schlackeaufbereitungsanlagen behandelt. Schlacken, die einer Nassentschlackung entstammen, werden frisch am Schlackebunker verladen und anschließend ca. 4 Wochen gelagert, um sie abtrocknen zu lassen und das Reaktionspotential zu reduzieren. Erst dann können die notwendigen Arbeitsschritte wie Brechen, Sieben, Sortieren und Windsichten erfolgen.

Dabei werden neben unverbrannten Bestandteilen vorwiegend Eisen- und Nichteisenmetalle entfernt, die der energetischen bzw. stofflichen Verwertung (Metallaufbereitung) zugeführt werden. Die Schlacken werden nach einer mindestens 90-tägigen Lagerung in verschiedenen Körnungen aufbereitet und der Verwertung im Straßenbau oder auf Deponien zugeführt.

## **5 Untersuchung an Reststoffen der thermischen Abfallbehandlung**

### **5.1 Probenahme**

Die Probenahme ist gemäß den Vorgaben der LAGA PN 98 jeweils durch einen Probenehmer mit Fachkundenachweis durchgeführt worden.

Die Probenahme der Schlacke erfolgt aus ruhenden Haufwerken mittels Edelstahlspaten. Die Proben der Reststoffe in den TBA wurden durch Probenahme aus dem laufenden Betrieb gewonnen, zumeist bei der Silofahrzeugbefüllung aus dem Dom. Einige Verbrennungsanlagen sind technisch so ausgerüstet, dass ein Kesselstaub mit den AS 19 01 15\* bzw. 19 01 16 separat anfallen kann. Für diese Anlagen wurde im Rahmen des Projekts auch der Kesselstaub separat beprobt.

Folgende Abfallarten aus dem Kapitel 19 01 „Abfälle aus der Verbrennung oder Pyrolyse von Abfällen“ der AVV wurden gewonnen:

- AS 19 01 05\* Filterkuchen aus der Abgasbehandlung (Filterkuchen)
- AS 19 01 07\* feste Abfälle aus der Abgasbehandlung (Filterstaub)
- AS 19 01 11\*/12 Rost- und Kesselaschen sowie Schlacken (Schlacken)
- AS 19 01 15\*/16 Kesselstaub

Aus insgesamt 18 Probenahmen resultierten 60 Proben, die sofort analysiert wurden und 24 Proben Rost- und Kesselaschen sowie Schlacken, die nach einer 90-tägigen offenen Lagerung analysiert wurden.



**Abbildung 4: Beprobung aus ruhenden Haufwerken**



**Abbildung 5: Beprobung von Filterstaub**



**Abbildung 6: Beprobung von Schlacke**

## 5.2 Analytische Methoden

Die Untersuchungen im Feststoff und im Eluat wurden im Labor der CLU durchgeführt. Die Dioxinanalyse sowie die Biotests mit Leucht Bakterien und Grünalgen wurden an Unterauftragnehmer vergeben.

Die Analytik erfolgte nach den hier aufgeführten Methoden und Verfahren:

### (a) 5.2.1 Prüfvorschriften und Bestimmungsgrenzen im Feststoff

Parameter	Prüfvorschrift	Bestimmungsgrenze	Ergänzungen
Alkalische Reserve	nach YOUNG**		pH-Titration
Antimon*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,25 mg/kg	ICP-OES
Ammonium	DIN 38 406 E5 (10/83)	10 mg/kg	
Arsen*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,15 mg/kg	ICP-OES
Beryllium*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,25 mg/kg	ICP-OES
Blei*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,25 mg/kg	ICP-OES
Cadmium*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,05 mg/kg	ICP-OES
Calcium*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	10 mg/kg	ICP-OES
Chlorid	DIN 38 405 D1-1 (12/85)	0,1 ma-%	titrimetrisch
Chrom gesamt*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,25 mg/kg	ICP-OES
Chrom+6 als Chromtrioxid*	DIN 38405-D24 (05/87)	10 mg/kg	fotometrisch aus Eluat
Cobalt*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,25 mg/kg	ICP-OES
Cyanid, gesamt*	DIN ISO 11262 (09/03)	0,25 mg/kg	
Eisen*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	10 mg/kg	ICP-OES
Elution mit Wasser*	DIN EN 12457-4 (01/03)		
Entzündlichkeit	VO (EG) 440/2008, A.10/A.17		
Freikalk	nasschemisch nach Franke	0,1 ma-%	freies OH als Kalk
Glühverlust des TR*	EN 12879 (02/01)	0,1 ma-%	
Königswasseraufschluss*	DIN EN 13657 (01/03)		
Kupfer*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,25 mg/kg	ICP-OES
Mangan*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,25 mg/kg	ICP-OES
Molybdän*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,25 mg/kg	ICP-OES
Nickel*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,25 mg/kg	ICP-OES
pH-Wert*	DIN ISO 10390 (05/97)	-	in 0,01 n CaCl <sub>2</sub> -Lösung
BTEX*	DIN 38 407 F9 (05/91)	0,5 mg/kg TS	GC Headspace
Quecksilber, gesamt*	DIN EN 1483 (08/97)	0,2 mg/kg	Kaltdampf-AAS
Quecksilber, flüchtig	semiquantitativ	10-20 mg/kg	NPS Spilfyter□
Selen*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,25 mg/kg	ICP-OES
Silber*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,25 mg/kg	ICP-OES
Thallium*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,35 mg/kg	ICP-OES
TOC*	DIN EN 13137 (12/01)	0,1 ma-%	inkl. element. Kohlenstoff
Vanadium*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,25 mg/kg	ICP-OES
Wassergehalt*	DIN ISO 11465 (12/96)	0,1 ma-%	über Trockenrückstand
Wasserstoffbildungspotenzial	VO (EG) 440/2008, A.12	0,01 ma-%	Abweichung: Verwendung von 10%iger NaOH, Angabe als Al
Zink*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,25 mg/kg	ICP-OES
Zinn*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,25 mg/kg	ICP-OES

\* akkreditierter Parameter  
\*\* J.R.Young, M.J.How, A.P.Walker, W.M.H.Worth: "Classification as corrosive or irritant to skin of preparations containing acidic or alkaline substances, without testing on animals" Toxic in Vitro, Vol. 2 No. 1, S. 19 -26 (1988)

**(b) 5.2.2 Prüfvorschriften und Bestimmungsgrenzen nach Deponieverordnung**

Parameter	Prüfvorschrift	Bestimmungsgrenze	Ergänzungen
Probenvorbereitung	DIN 19747 (07/06)		Feststoffparameter
Atmungsaktivität (AT <sub>4</sub> )*	entspr. DepV Anh. 4, 3.3	1 mg O <sub>2</sub> /g TM	WTW OxiTop
Brennwert	DIN EN 15170 (05/2009)	200 kJ/kg TM	
extrahierbare lipophile Stoffe*	LAGA KW 04	0,1 Ma-%	
Glühverlust des TR*	DIN EN 15169 (05/07)	0,1 Ma-% TM	
MKW (C10-C40)*	DIN EN 14039 (01/05)	100 mg/kg TM	in Verb: mit LAGA KW/04
TOC <sup>1</sup> im Feststoff*	DIN EN 13137 (12/01)	0,1 Ma-% TM	erfasst auch element. C
BTEX*	DIN 38 407 F9 (05/91)	0,5 mg/kg TM	GC Headspace
Polychlorierte Biphenyle (PCB)*	DIN EN 15308(05/08)	0,02 mg/kg TM	GC-MS
Polycyclische aromatische KW (PAK)*	DIN ISO 18287 (05/06)	0,3 mg/kg TM	GC-MS
Ammonium	DIN 38 406-E5 (10/83)	0,5 mg/l	
Antimon *	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,005 mg/l	ICP-OES
AOX	DIN EN ISO 9562 (02/05)	0,05 mg/l	
Arsen*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,003 mg/l	ICP-OES
Barium*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,5 mg/l	ICP-OES
Blei *	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,005 mg/l	ICP-OES
Cadmium *	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,001 mg/l	ICP-OES
Chlorid *	DIN EN ISO 10304-1 (07/09)	1 mg/l	Ionenchromatografie
Chrom(VI) *	DIN 38405 D24 (05/87) DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,03 mg/l 0,005 mg/l	
Chrom, gesamt *	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,005 mg/l	ICP-OES
Cyanide, leicht freisetzbar	DIN 38 405 D14 (12/88)	0,01 mg/l	In Vbdg. mit DIN 38 405 D13 (02/81)*
DOC*	DIN EN 1484 (08/97)	0,3 mg/l	auch in Verbindung mit LAGA EW 98p
Elektrische Leitfähigkeit*	DIN EN 27888 (11/93)		
Eluation*	EN 12457-4 (01/03)	-	S4-Verfahren gemäß DepV
Fluorid*	DIN 38 405-D4-1 (07/85)	0,5 mg/l	
Kupfer*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,005 mg/l	ICP-OES
Molybdän*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,015 mg/l	ICP-OES
Nickel*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,005 mg/l	ICP-OES
Phenolindex*	DIN 38 409-16 (06/84)	0,01 mg/l	
pH-Wert*	DIN 38 404-05 (07/09)		
Quecksilber*	DIN EN 1483 (07/07)	0,0002 mg/l	Kaltdampf-AAS
Säureneutralisationskapazität	LAGA EW 98p	-	
Selen*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,01 mg/l	ICP-OES
Sulfat*	DIN EN ISO 10304-1 (07/09)	1 mg/l	Ionenchromatografie
wasserlöslicher Anteil Gesamtgehalt gelöste Stoffe	DIN 38409-1 (01/87)	0,1 Ma-% TM 100 mg/l	
Zink*	DIN EN ISO 11885 (09/09)	0,005 mg/l	ICP-OES

\* akkreditiertes Verfahren

Die gemäß Deponieverordnung- DEP V /2/ geforderte Abweichung der Vorgaben von der DIN EN 12457-4 wurden beachtet. Material, das Korngrößen < 40mm aufweist, wurde nicht gebrochen.

<sup>1</sup> TOC=Totaler organischer Kohlenstoff, Bezeichnung ist nicht exakt, da methodisch bedingt sowohl elementarer Kohlenstoff (Ruß, Aktivkohle) als auch Teile des anorganischen Kohlenstoffs (z.B. Carbide, Cyanide) bestimmt und fälschlich als TOC ausgewiesen werden.

**(c) 5.2.3 Prüfvorschriften und Bestimmungsgrenzen der Biotests und Dioxin-bestimmungen**

Parameter	Prüfvorschrift	Bestimmungsgrenze	Ergänzungen
Leuchtbakterientest*	DIN EN ISO 11348-2	-	Der Leuchtbakterientest wurde unter Verwendung von <i>Vibrio fischeri</i> NRRL-B-11177 durchgeführt. Der angegebene GL-Wert entspricht dem Ansatz mit der Verdünnung des Testwassers, bei dem die Hemmung < 20% der Leuchtintensität der mitgeführten Referenzprobe betrug.
Grünalgentest*	DIN 38412-33	-	Als Testalge wird die einzellige Grünalge <i>Scenedesmus subspicatus</i> CHODAT verwendet. Der ausgewiesene GA-Wert entspricht der Verdünnung der zu untersuchenden Wasserprobe, bei der im Vergleich zur mitgeführten Referenzprobe die Chlorophyllfluoreszenz innerhalb von 72 Stunden um < 20% gehemmt wurde.
PCDD/PCDF*	E VDI 3499 Bl.1	1-10 ng/kg TS	
*akkreditiertes Verfahren beim Unterauftragnehmer			

**6 Ergebnisse**

**6.1 Statistische Auswertung der Analyseergebnisse**

In Daten der Abfallanalyse wurden genutzt, um die Abfälle hinsichtlich ihrer Gefährlichkeit einzustufen und um die Gültigkeit der Entsorgungswege zu prüfen.

Zur Komplettierung der Annahmekriterien nach DepV und Gesundheitsschutz-Bergverordnung- GesBergV /3/ wurden weitere Messungen, wie das Gasbildungspotential, die saure/alkalische Reserve etc. durchgeführt. Zur Ermittlung des Einflusses einer 90 -tägiger Lagerung auf die Messwerte wurden alle Analysenwerte erneut nach der Lagerung ermittelt.

Die Analyseergebnisse wurden hinsichtlich der Standardabweichungen und Vertrauensintervalle statistisch ausgewertet. Dies war möglich, weil ausreichende Probezahlen gewonnen werden konnten (von allen staubförmigen Abfällen bis zu 6 Einzelproben, die in Doppelbestimmungen untersucht wurden; von den Abfällen, die als Schlacken in den Verbrennungsanlagen anfallen, je Probenahmedatum 4 Einzelproben). Darüber hinaus beauftragten einige Abfallerzeuger andere Labore, gleichzeitig genommene Proben zu analysieren. Damit konnte die statistische Sicherheit erhöht und über den Vergleich der ermittelten Mittelwerte der Analyseergebnisse systematische Fehler erkannt und ausgeschlossen werden.

Als ein zusätzlicher statistischer Parameter wurde das Vertrauensintervall betrachtet. Dieses entspricht dem maximal zu erwartenden Wert der Streuung. Je geringer die Anzahl der Messwerte ist, umso breiter fällt der Vertrauensbereich aus. Daraus lassen sich Verfahrensunsicherheiten ableiten, die sowohl Schwankungen in der räumlichen und

zeitlichen Abfallzusammensetzung als auch graduell unterschiedliche Einzelheiten der Probenahme, z. B. bei wechselnden Probenehmern, einschließen.

## 6.2 Bewertung der Abfälle

Die Einstufung der untersuchten Abfälle erfolgte nach den rechtlichen Vorgaben der Abfallverzeichnisverordnung /4/, der Abfallrahmenrichtlinie /5/, der Richtlinie 67/548/EWG (Stoffrichtlinie) /6/, der Richtlinie 1999/45/EG (Zubereitungsrichtlinie) /7/, der Verordnung 1272/2008 (CLP-Verordnung) /8/ sowie der TRGS 200 /9/.

Die chemische Analyse liefert die Zusammensetzung der Feststoffe und ergänzend die Eluatwerte. Diese sind zwar hinreichend genau ermittelbar, liefern jedoch nur die Verteilung der einzelnen Elemente in der Abfallmatrix. Zur Beurteilung der Gefährlichkeit eines Stoffes ist das nicht ausreichend, sondern es bedarf in der Regel der Information zu der Verbindung, in der das Element vorliegt. Eine Einstufung auf der Basis reiner Elementgehalte stellt den „worst - case“ dar, weil damit von der gefährlichsten Verbindung ausgegangen wird und die Stoffe ungerechtfertigt einstuft werden.

Die Schwierigkeit der Einstufung besteht bei Abfällen darin, dass in den seltensten Fällen deren Zusammensetzung ausreichend genau bekannt ist. Bei den untersuchten Abfällen aus Verbrennungsprozessen bestehen die Reaktionsprodukte aus einer Unzahl einzelner Stoffe. Um Aussagen zu den enthaltenen Verbindungen treffen zu können, bedarf es einiger Überlegungen zum wahrscheinlichsten Reaktionsverhalten der an der Abfallgenese beteiligten Stoffe und vor allem zum Ausschluss bestimmter Verbindungen auf Grund der angenommenen Verfahrensabläufe.

Entsprechend einer Einstufungssystematik wurden für jede Abfallart die H-Kriterien H1 bis H15 nacheinander geprüft und die Abfälle hinsichtlich ihrer Gefährlichkeit bewertet.

## 6.3 Berücksichtigungsgrenzen

Gemäß Artikel 3 (3) der Zubereitungsrichtlinie bzw. Artikel 11 der CLP-Verordnung können Stoffe, deren Konzentration in der Zubereitung festgelegte Berücksichtigungsgrenzen unterschreiten, bei der Einstufung unberücksichtigt bleiben. Diese Grenzwerte sind auch in TRGS 200, Abschnitt 5.2.3, aufgeführt und bezüglich der relevanten R-Sätze detailliert dargestellt.

Diese „Konzentrationsgrenzen für die Berücksichtigung der Stoffe“ sind wie folgt festgelegt:

- 0,1 % für Stoffe mit der Einstufung sehr giftig, giftig sowie krebserzeugend, erbgutverändernd und fortpflanzungsgefährdend der Klassen 1 und 2 sowie umweltgefährlich mit R50, R50-53, R51-53 und R59
- 1 % für Stoffe mit der Einstufung gesundheitsschädlich, ätzend, reizend, sensibilisierend sowie krebserzeugend, erbgutverändernd und fortpflanzungsgefährdend der Klassen 3 sowie umweltgefährlich mit R52, R53 und R52-53

**Zubereitungen, in denen Feststoffgehalte festgestellt werden, die auch bei Annahme der gefährlichsten Bindungsform für das analytisch ermittelte Element und das H-Kriterium die Berücksichtigungsgrenzen unterschreiten,**

**bedürfen hinsichtlich dieses Elements und des Kriteriums keiner weiteren Prüfung und sind nicht gefährlich.**

## **6.4 Löslichkeitsuntersuchung**

Oft unterscheidet sich die chemikalienrechtliche Bewertung von Verbindungen, die wasserlöslich sind und sich damit z. B. bei oraler oder dermalen Aufnahme direkt im Körper verbreiten, deutlich von denen nicht oder schwer löslicher Verbindungen. Die bei Abfalluntersuchungen meist vorhandenen Eluatwerte machen es einfach, diese Verbindungen voneinander abzugrenzen.

## **6.5 Abfallgenese**

Die Abfallgenese ist das wichtigste Mittel zum Ausschluss gefährlicher Verbindungen. In den hier behandelten Verbrennungsrückständen lassen sich zahlreiche Verbindungen ausschließen, da sie bei hoher Temperatur zerfallen oder ihr Vorhandensein oder die Bildungswahrscheinlichkeit in gefahrstoffrechtlich relevanten Gehalten extrem unwahrscheinlich sind.

## **6.6 Kennzeichnungspflichtige Verbindungen, die in Verbrennungsrückständen vorliegen können**

Es wird davon ausgegangen, dass in Rückständen aus Verbrennungsanlagen Metalle elementar oder in oxidischen oder anorganischen Verbindungen vorliegen. In der Tabelle im **Anhang** sind diejenigen Verbindungen aufgeführt, für die eine hypothetische Wahrscheinlichkeit besteht, dass sie den untersuchten Stoffströmen vorkommen können und die nach RL 67/548 kennzeichnungspflichtig sind.

# **7 Einstufungssystematik**

## **7.1 Einstufung von Schlacken (nach der Aufbereitung)**

### **H1 „explosiv“**

Das Kriterium H1 wird von Stoffen und Zubereitungen erfüllt, die unter Einwirkung einer Flamme explodieren können oder empfindlicher auf Stöße oder Reibung reagieren als Dinitrobenzol. Rückstände aus Verbrennungsprozessen, die Temperaturen um 1.000°C ausgesetzt wurden, können nicht mehr explosiv sein. Das Kriterium gilt als nicht erfüllt.

### **H2 „brandfördernd“**

Gleiches gilt für die Eigenschaft brandfördernd, da die Abfälle einem oxidativen Verbrennungsprozess entstammen und sämtliche Oxidationsvorgänge abgeschlossen sind. Brandfördernde Stoffe liefern Sauerstoff, der einem Brand beschleunigen kann. In den Reststoffen einer Verbrennung hat sich diese Eigenschaft verbraucht und kann naturgemäß nicht mehr vorhanden sein.

### **H3-A „leicht entzündbar“**

Einzustufen sind Stoffe und Zubereitungen in flüssiger Form mit einem Flammpunkt unter 21°C oder Stoffe und Zubereitungen, die sich bei Raumtemperatur an der Luft ohne Energiezufuhr erhitzen und schließlich entzünden können oder feste Stoffe und Zubereitungen, die sich durch kurzzeitigen Kontakt mit einer Zündquelle leicht entzünden und nach deren Entfernung weiter brennen oder weiter glimmen oder unter Normaldruck

an der Luft entzündbare gasförmige Stoffe und Zubereitungen. Diese Eigenschaften werden durch den Verbrennungsprozess beseitigt.

Weiterhin sind Stoffe und Zubereitungen, die bei Berührung mit Wasser oder feuchter Luft hochentzündliche Gase (z. B. Wasserstoff) in gefährlichen Mengen (> 1 Liter pro Kilogramm und Stunde) entwickeln, als leicht entzündbar einzustufen. Diese Eigenschaft kann prinzipiell auch in Schlacken aus Verbrennungsprozessen auftreten, wenn diese noch Leichtmetallbestandteile (z. B. Aluminium) in feinteiliger metallischer Form enthalten und die Schlacke eine hohe Alkalität aufweist. Der Zutritt von Wasser führt dann zur Umsetzung des Metalls zu Metallhydroxid unter Freisetzung von Wasserstoff. Da der Wasserzusatz aber bereits beim Ablöschen der Schlacken in den Verbrennungsanlagen erfolgt und die Reaktion dort auf Grund der hohen Temperaturen stark beschleunigt wird, ist das Reaktionspotenzial der abgekühlten Schlacke bereits erschöpft.

Nach qualitativer Prüfung wurden in keinem Fall Hinweise auf die Bildung signifikanter Mengen an Gasen gefunden. Die untersuchten Schlacken sind in keinem Fall als leicht entzündlich einzustufen.

### **H3-B „entzündbar“**

Einzustufen sind nur flüssige Stoffe und Zubereitungen mit einem Flammpunkt von mindestens 21 °C und höchstens 55 °C. Die vorliegenden Abfälle sind fest und folglich ist das Merkmal H3-B nicht zu diskutieren.

### **H4 „reizend“**

Reizend sind nicht ätzende Stoffe und Zubereitungen, die bei unmittelbarer, länger dauernder oder wiederholter Berührung mit der Haut oder den Schleimhäuten eine Entzündungsreaktion hervorrufen können. Die Berücksichtigungsgrenze für Stoffe, die als „reizend“ einzustufen sind, liegt bei 1 Gewichts-%. Die aufbereiteten Schlacken überschreiten in keinem Wert diese Berücksichtigungsgrenze. Abgelagerte Schlacken zeigen durch die Alterung in Verbindung mit der Karbonatisierung eine deutlich abnehmende Alkalität. Die pH-Werte aufbereiteter Schlacken liegen deutlich unterhalb von 11,5. Eine Einstufung als „reizend“ erfolgt daher nicht.

### **H5 „gesundheitsschädlich“**

Als gesundheitsschädlich sind Stoffe und Zubereitungen, die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung Gesundheitsgefahren von beschränkter Tragweite hervorrufen können, einzustufen. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 1 Gewichts-%. Kein Element erreicht in den untersuchten aufbereiteten Schlacken diesen Grenzwert. Insgesamt ergibt sich damit für die untersuchten Schlacken keine Einstufung als gesundheitsgefährlich.

### **H6 „giftig“**

Als giftig sind Stoffe und Zubereitungen (einschließlich hochgiftiger Stoffe und Zubereitungen), die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung schwere, akute oder chronische Gesundheitsgefahren oder sogar den Tod verursachen können, einzustufen.

Die allgemeinen Konzentrationsgrenzwerte sind:



**Tabelle 1: Allgemeine Konzentrationsgrenzwerte für „giftig“ und „sehr giftig“ nach Anhang II RL 1999/45/EG, Teil B**

Einstufung des enthaltenen Gefahrstoffes	Tabelle	Konzentrationsgrenzwert
Sehr giftig: T <sup>+</sup> und R26,27,28	I	0,1% (Xn)
Sehr giftig: T <sup>+</sup> und R39/Expositionsweg	II	0,1% (Xn; R68)
Giftig: T und R23,24,25	I	3% (Xn)
Giftig: T und R39/Expositionsweg	II	1% (Xn; R68)
Giftig: T und R48/Expositionsweg	III	1% (R48)
Die Spalte „Tabelle“ bezieht sich auf die Bezeichnung der Einstufungstabelle in Teil B der RL		

Enthält ein Abfall Inhaltsstoffe, die als „sehr giftig“ mit T<sup>+</sup> und R26, 27 oder 28 eingestuft sind, dann ist er ab 0,1 % als „gesundheitsschädlich“ einzustufen. Bei „sehr giftig“ mit R39 erfolgt zusätzlich zu Xn die Einstufung mit R68.

Enthält ein Abfall Inhaltsstoffe mit der Einstufung „giftig“, dann ist in Abhängigkeit von den R-Sätzen der Einstufung des Inhaltsstoffes der Abfall ab 1 % (bei R48 und R39) oder 3 % (bei R23, 24, 25) einzustufen und damit gefährlich.

Die Berücksichtigungsgrenze für Stoffe, die als giftig oder sehr giftig einzustufen sind, beträgt 0,1 Gewichts- %.

Es war zunächst zu prüfen, ob die ermittelten Metallgehalte in den Abfällen eine Überschreitung der Berücksichtigungsgrenze überhaupt möglich machen, wenn die Metalle in der entsprechenden giftigen Bindungsform vorliegen.

Überschreitet der Gehalt die Berücksichtigungsgrenze, dann ist zunächst zu klären, ob sich die zu beurteilende Verbindung durch andere Untersuchungen oder Betrachtungen ausschließen oder eingrenzen lässt.

Die untersuchten Schlacken überschreiten die Berücksichtigungsgrenzen nur für die kritischen Bindungsformen bei den Elementen Nickel und Zink, so dass nur für deren relevante Verbindungen eine Einstufung zu prüfen ist.

Aus dem analytischen Gehalt an Nickel wurde stöchiometrisch berechnet, wie hoch der Gehalt an Nickelsulfat sein kann, wenn alles Nickel in dieser Bindungsform vorläge. Errechnet sich hier ein Gehalt unter 0,1 %, dann kann die Prüfung für diese Verbindung abgeschlossen werden.

Für ausgewählte Nickelverbindungen ist bei Gehalten ab 1 % die Einstufung mit T und R48/23 gefordert. Gehalte zwischen 0,1 und 1 % erfordern eine Einstufung als Xn und R48/20, so dass bereits die Überschreitung von 0,1 % die Einstufung erzwingt.

**Tabelle 2: Wasserlöslichkeit giftiger Nickelverbindungen**

Verbindung	Kennzeichnung	Konzentrationsgrenzwert	Elementgehalt (Ni)	Wasserlöslichkeit
Nickelsulfat	T, R48/23 Xn, R48/20	1 % 0,1 %	379 mg/kg	650 g/l
Nickeldichlorid	T, R48/23 Xn, R48/20	1 % 0,1 %	452,7 mg/kg	2.540 g/l
Nickelnitrat	T, R48/23 Xn, R48/20	1 % 0,1 %	321,2 mg/kg	940 g/l

Nickel in Form von Nickelarsenat ist kennzeichnungspflichtig mit T, R48/23 ab 1 % und mit Xn; R48/20 ab 0,1 % (387,9 mg/kg Ni). Da an Arsen nur 5,2 mg/kg enthalten sind, liegt der Gehalt an Nickelarsenat unter 16 mg/kg.

Nickel in Form von Nickeldichromat ist kennzeichnungspflichtig mit T, R48/23 ab 1 %, ab 0,1 % (387,9 mg/kg Ni) mit Xn; R48/20. Von Chromaten u. a. auch Zink, Strontium- und Bleichromat ist bekannt, dass sie bei Temperaturen um 500 °C zur Zersetzung neigen. Nickelchromat zersetzt sich demzufolge bei den Temperaturen der Verbrennung. Ebenso ist von einer zumindest geringen Wasserlöslichkeit des Nickelchromats auszugehen, die sich in erhöhten Chrom(VI)-Gehalt des Eluates auswirkt. Löslichkeiten für Nickelchromate waren in den zugänglichen Quellen nicht zu finden. Da aber bekannt ist, dass die Löslichkeit der Verbindungen mit steigendem Atomgewicht abnimmt und Strontiumchromat mit 1,2 g/l und Bleichromat immerhin noch mit 0,06 mg/l löslich ist, darf von einer spürbaren Löslichkeit der Nickelchromate ausgegangen werden.

Die Gehalte an Nickel im Eluat der untersuchten aufbereiteten Schlacken liegen unter 6 µg/l und Chrom(VI) war nicht nachweisbar. Nickel liegt folglich nicht in Verbindungen vor, die zu einer Einstufung als „giftig“ führt.

Zink ist mit T+; R28 kennzeichnungspflichtig als Zinkphosphid. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 0,1 % für die Verbindung. (Zn = 760 mg/kg).

Zink wäre nur dann einzustufen, wenn es als Zinkphosphid (ZnP<sub>3</sub>) vorläge. Das Vorliegen von Zinkphosphid kann mit Sicherheit ausgeschlossen werden, da sich Zinkphosphid leicht zersetzt und bei Ablöschen der Schlacken mit Wasser sofort zerfallen würde. Darüber hinaus wären die Schlacken bei Vorhandensein von Zinkphosphidresten organoleptisch deutlich auffällig gewesen und hätten zudem in der qualitativen Prüfung der Gasbildung grundsätzlich Auffälligkeit gezeigt. Das war niemals der Fall. Eine Einstufung als „T“, „giftig“ oder „T+“, „sehr giftig“ erfolgt daher nicht.

### **H7 „krebserzeugend“**

Als krebserzeugend sind Stoffe und Zubereitungen (einschließlich hochgiftiger Stoffe und Zubereitungen), die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung Krebs erzeugen oder dessen Häufigkeit erhöhen können, einzustufen. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 0,1 Gewichts- % für die Kategorien 1 und 2 und bei 1 Gewichts- % für Stoffe der Kategorie 3.

**Tabelle 3: Allgemeine Konzentrationsgrenzwerte für krebserzeugend nach Anhang II RL 1999/45/EG, Teil B**

<b>Einstufung des enthaltenen Gefahrstoffes</b>	<b>Tabelle</b>	<b>Konzentrationsgrenzwert</b>
Krebserzeugend: Kat. 1 oder 2 mit R45 oder 49	VI	0,1 % (krebserzeugend; T; R45 oder 49)
Krebserzeugend: Kat. 3 mit R40	VI	1 % (krebserzeugend; Xn; R40)
Die Spalte „Tabelle“ bezieht sich auf die Bezeichnung der Einstufungstabelle in Teil B der RL		

Der Maximalwert an Chrom in den aufbereiteten Schlacken beträgt 421,8 mg/kg. Damit sind Berücksichtigungsgrenzen überschritten. Die zu berücksichtigenden Verbindungen sind nachfolgend aufgeführt.

**Tabelle 4: Wasserlöslichkeit ausgewählter krebserzeugender Chromverbindungen**

Verbindung	Kennzeichnung	Berücksichtigungsgrenze	Elementgehalt Cr	Wasserlöslichkeit
Kaliumdichromat	Carc Cat 2	0,1 %	353,5 mg/kg	123 g/l
Natriumdichromat	Carc Cat 2	0,1 %	396,96 mg/kg	2.355 g/l
Kaliumchromat	Carc Cat 2	0,1 %	353,5 mg/kg	123 g/l
Natriumchromat	Carc Cat 2	0,1 %	321 mg/kg	327,8 g/l

Die Gehalte an Chrom(VI) im Eluat aller aufbereiteten Schlacken betragen weniger als 25 µg/l. Das Vorliegen krebserzeugender löslicher Chromate und Dichromate kann damit sicher ausgeschlossen werden.

Nickelchromat ist mit Carc. Cat. 1, R49 eingestuft. Die Berücksichtigungsgrenze entspricht einem Chromgehalt von 297,66 mg/kg. Nickel als Nickeldichromat ist ebenso kennzeichnungspflichtig mit T, R48/23 ab 1 %, ab 0,1 % (387,9 mg/kg Ni) mit Xn; R48/20. Das Vorliegen von Nickelchromaten wurde unter H6 diskutiert und ausgeschlossen.

Als Carc. Cat. 1 sind ebenso Nickelsulfat, Nickelchlorid, Nickelnitrat einzustufen. Auf Grund der Wasserlöslichkeit der Verbindungen wurde das Vorliegen bereits unter H6 ausgeschlossen.

Nickelarsenat wurde durch den geringen Anteil an Arsen ausgeschlossen. Nickel und Chrom gelangen häufig als Legierungen in den Verbrennungsrückstand, wo sie als teilweise unverbrannte Stoffe verbleiben. Das Vorliegen rein kristalliner Bindungsformen ist unwahrscheinlich bei Schlacken aus der Verbrennung von Siedlungsabfällen.

Eine Einstufung als „krebserzeugend“, Carc. Cat. 1, 2 oder 3 erfolgt daher nicht.

#### **H8 „ätzend“**

Als ätzend sind diejenigen Stoffe und Zubereitungen zu kennzeichnen, die bei Berührung mit lebendem Gewebe zerstörend auf dieses einwirken können. Die Berücksichtigungsgrenze für ätzende Stoffe liegt bei 1%. Diese wird von keinem Element überschritten.

Für Abfälle, deren detaillierte Zusammensetzung bezüglich vorhandener Bindungsformen in aller Regel nicht bekannt ist, wird im Regelfall der pH-Wert in Verbindung mit der alkalischen Reserve nach YOUNG et al für die Einstufung verwendet. Das Verfahren wird bei der Einstufung der Schlacken vor der Aufbereitung unter H4- „reizend“ erläutert.

Der pH-Wert der aufbereiteten Schlacken liegt, bedingt durch den Aufbereitungsprozess unter pH 11,5. Eine Einstufung als „ätzend“ ist daher nicht erforderlich.

#### **H9 „infektiös“**

Als infektiös gelten Stoffe und Zubereitungen, die lebensfähige Mikroorganismen oder ihre Toxine enthalten und die im Menschen oder sonstigen Lebewesen erwiesenermaßen oder vermutlich eine Krankheit hervorrufen. Bei Abfällen aus Verbrennungsanlagen ist davon auszugehen, dass infektiöse Erreger sowie andere organische Stoffe durch den Verbrennungsprozess zerstört wurden.

#### **H10 „fortpflanzungsgefährdend“ (reproduktionstoxisch)**

Fortpflanzungsgefährdend sind Stoffe und Zubereitungen, die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung nichterbliche angeborene Missbildungen hervorrufen oder ihre Häufigkeit erhöhen können. Die Berücksichtigungsgrenze für fortpflanzungsgefährdende Stoffe Repr. Cat. 1 und 2 liegt bei 0,1 %, für Repr. Cat. 3 bei 1 %.

**Tabelle 5: Allgemeine Konzentrationsgrenzwerte für „fortpflanzungsgefährdend“ nach Anhang II RL 1999/45/EG Teil B**

<b>Einstufung des enthaltenen Gefahrstoffes</b>	<b>Tabelle</b>	<b>Konzentrationsgrenzwert</b>
Fortpflanzungsgefährdend: Kat. 1 oder 2 mit R60 (Fruchtbarkeit)	VI	0,5% (fortpflanzungsgefährdend (Fruchtbarkeit); T; R60)
Fortpflanzungsgefährdend: Kat. 3 mit R62 (Fruchtbarkeit)	VI	5% (fortpflanzungsgefährdend (Fruchtbarkeit); Xn; R62)
Fortpflanzungsgefährdend: Kat. 1 oder 2 mit R61 (Entwicklung)	VI	0,5% (fortpflanzungsgefährdend (Entwicklung); T; R61)
Fortpflanzungsgefährdend: Kat. 3 mit R63 (Entwicklung)	VI	5% (fortpflanzungsgefährdend (Entwicklung); Xn; R63)
Die Spalte „Tab.“ bezieht sich auf die Bezeichnung der Einstufungstabelle in Teil B der RL		

Das Vorliegen von kennzeichnungspflichtigen Chromaten oberhalb der Berücksichtigungsgrenze wurde schon unter H6 und H7 ausgeschlossen. Ebenso ist das Vorliegen von Nickelchlorid, -sulfat, -nitrat, -arsenat ausgeschlossen worden. Zu berücksichtigen sind Verbindungen des Bors. Bor in Form von Borsäure hat eine Berücksichtigungsgrenze 174,8 mg/kg, als Boroxid von 310,5 mg/kg und als Natriumtetraborat mit 214,9 mg/kg. Die Konzentrationsgrenzwerte der Verbindungen aber liegen sehr viel höher (Borsäure 5,5 %; Boroxid 3,1 %, Natriumtetraborat 4,5 %). Es ist nicht nötig, die Verbindungen an dieser Stelle zu identifizieren, da die Konzentrationsgrenzwerte in jedem Fall deutlich unterschritten werden. Eine Einstufung als „fortpflanzungsgefährdend“ erfolgt somit nicht.

### **H11 „mutagen“**

Als mutagen sind Stoffe und Zubereitungen einzustufen, die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung Erbschäden hervorrufen oder ihre Häufigkeit erhöhen können. Zu berücksichtigen sind die als „mutagen“ einzustufenden Stoffe, wenn sie den Grenzwert von 0,1 % für Muta. Cat. 1 oder 2 bzw. 1 % für Muta. Cat. 3 überschreiten. Zu berücksichtigen wären auch hier die Chromate, die aber unter H6 ausgeschlossen wurden. Weitere Elemente erreichen die Konzentrationsgrenzwerte nicht. Eine Einstufung als „mutagen“ kann somit entfallen.

### **H12 „giftige Gase abscheidend bei der Berührung mit Wasser“**

Das Merkmal ist erfüllt bei Abfällen, die bei Berührung mit Wasser, Luft oder einer Säure ein giftiges oder sehr giftiges Gas abscheiden. Die Prüfung auf Reaktivität gegenüber Säuren, Laugen und Wasser erfolgte zunächst qualitativ im Hinblick auf die Entstehung giftiger und sehr giftiger Gase in kennzeichnungspflichtigen Mengen. Bei Hinweisen auf signifikante Gasbildung wäre gemäß VO/EG/440/2008 Methode A12 weiter zu prüfen gewesen. Das war nicht der Fall. Das Vorliegen dieser Eigenschaft kann für die untersuchten Schlacken schon aus der Abfallgenese ausgeschlossen werden.

### **H13 „sensibilisierend“**

Als „sensibilisierend“ sind Stoffe und Zubereitungen einzustufen, die beim Einatmen oder Hautdurchdringung eine Überempfindlichkeit hervorrufen können, so dass bei künftiger Exposition gegenüber dem Stoff oder der Zubereitung charakteristische Störungen auftreten. Die Möglichkeit einer Sensibilisierung beim Einatmen besteht bei Stoffen, die mit R42 gekennzeichnet sind, und bei Hautkontakt bei Stoffen, die mit R43 gekennzeichnet sind. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 1 %. Diese wird von keinem Element erreicht. Niedrigere spezifische Konzentrationsgrenzwerte sind vorgegeben für Nickelsulfat, Nickelchlorid, Nickelnitrat und Nickeldichromat mit 0,01 %. Das Vorliegen dieser Verbindungen konnte über die Löslichkeiten ausgeschlossen werden.

## H14 „ökotoxisch“

Als „ökotoxisch“ sind Abfälle einzustufen, die unmittelbare oder mittelbare Gefahren für einen oder mehrere Umweltbereiche darstellen oder darstellen können. Die Berücksichtigungsgrenze für Inhaltsstoffe, die zu einer Einstufung als „ökotoxisch“ führen, liegt bei 0,1 % bei einer Gefährlichkeit für die Umwelt oder Ozon und einer Kennzeichnung mit N und bei 1 % bei einer Gefährlichkeit für die Umwelt (R52-53).

Nachfolgend ist eine Tabelle aufgeführt, die die Verbindungen enthält, die bei den aufbereiteten Schlacken zu berücksichtigen bzw. zu diskutieren sind.

**Tabelle 6: Für die Einstufung als ökotoxisch zu berücksichtigende Verbindungen (nur Stoffe, deren Elemente über der Berücksichtigungsgrenze für die Verbindung liegen)**

Stoff	Kennzeichnung	Berücksichtigungsgrenze in mg/kg	Bemerkung
Nickelarsenat	N; R50-53	330 As, 387,9 Ni	Ausgeschlossen über As
Kaliumdichromat	N; R50-53	353 nur wasserlösliches Chrom	Ausgeschlossen über Cr wasserlöslich
Natriumdichromat	N; R50-53	397,0 Cr	Ausgeschlossen über Cr wasserlöslich
Kaliumchromat	N; R50-53	267,8 nur wasserlösliches Chrom	Ausgeschlossen über Cr wasserlöslich
Natriumchromat	N; R50-53	267,8 nur wasserlösliches Chrom	Ausgeschlossen über Cr wasserlöslich
Nickelchromat	N; R50-53	297,7 Cr	Ausgeschlossen über Zersetzung, Vermutete Form Legierung und lösliches Chrom+Nickel
Nickeldichromat	N; R50-53 25% N;R51-53 2,5% R52-53 0,25%	378,6 Cr	Ausgeschlossen über Zersetzung, Vermutete Form Legierung und lösliches Chrom+Nickel
Kupferchlorid	N; R50-53	641,9 Cu	Ausgeschlossen über Cu
Kupfersulfat	N; R50-53	398,1 Cu	Ausgeschlossen über Cu
Kupfer(I)oxid	N; R50-53	887,5 Cu	Siehe Ausführungen bezüglich der Bindungsform
Nickelsulfat	N; R50-53 25% N;R51-53 2,5% R52-53 0,25%	379,3 Ni	Ausgeschlossen über Ni wasserlöslich
Nickelchlorid	N; R50-53 25% N;R51-53 2,5% R52-53 0,25%	452,8 Ni	Ausgeschlossen über Ni wasserlöslich
Nickelnitrat	N; R50-53 25% N;R51-53 2,5% R52-53 0,25%	321,2 Ni	Ausgeschlossen über Ni wasserlöslich
Zinkchlorid	N; R50-53	479,7 Zn	Ausgeschlossen über Zn wasserlöslich (Löslichkeit 4.300g/l)
Zinksulfat	N; R50-53	405,2 Zn	Ausgeschlossen über Zn wasserlöslich (Löslichkeit 350g/l)
Zinkoxid	N; R50-53	803,4 Zn	mögliche Bindungsform nach oxidativem Prozess der Verbrennung, unwahrscheinlich in Schlacken, weil Verfrachtung in Filterstäube erfolgt

Zu berücksichtigen bleiben für die Einstufung der Umweltgefährlichkeit folgende Analyseergebnisse:

**Tabelle 7: Maximalwerte der Kupfer- und Zink-Gesamtgehalte in aufbereiteter Schlacke**

	Einheit	Maximalwert der Untersuchungen an den aufbereiteten Schlacken
Kupfer	mg/kg TS	4.444
Zink	mg/kg TS	5.271

#### Kupferverbindungen

Kupfer(I)oxid ist im Gegensatz zu Kupfer neben weiteren Kupferverbindungen in der nicht oxidierenden Salzsäure löslich. Metallisches Kupfer oxidiert oberflächlich und passiviert dann. Untersucht wurde eine Schlacke, die auffällig viel Kupfer aufwies. Von dem Gesamtgehalt an Kupfer wurden nur maximal 7,5 % in Salzsäure gelöst. Der Rest muss daher in anderen Bindungsformen (z. B. metallisch oder als Legierung) vorliegen. Der lösliche Teil kann Kupfer(I)oxid sein, aber auch Kupfer(II)oxid oder eine andere Kupferverbindung.

**Tabelle 8: Salzsäurelösliche Elemente in Schlacke**

	Versuch 2	Königs-wasser	HCL	HCL	HCL	HCL
<b>Probenummer</b>	<b>113 513-04</b>	<b>Gesamt-gehalte</b>				
<b>Analysenwerte</b>	<b>Einheit</b>					
Silber	mg/kg TS	<b>9,19</b>	0,5373	0,5682	0,4703	0,4717
Arsen	mg/kg TS	<b>5,59</b>	1,316	1,334	0,6424	0,6256
Bor	mg/kg TS	<b>721</b>	295,2	317,3	486,6	502,8
Barium	mg/kg TS	<b>247</b>	63,13	64,27	56,2	56,11
Beryllium	mg/kg TS	<b>1,19</b>	0,4263	0,4339	0,5266	0,5213
Cadmium	mg/kg TS	<b>2,58</b>	1,047	4,056	0,6092	0,6198
Kobalt	mg/kg TS	<b>42,5</b>	5,616	5,718	4,736	4,642
Chrom gesamt	mg/kg TS	<b>514</b>	45,63	46,49	50,75	50,2
Kupfer	mg/kg TS	<b>10.773</b>	<b>692,8</b>	<b>704,8</b>	<b>807,3</b>	<b>768,5</b>
Eisen	mg/kg TS	<b>52.013</b>	20.650	16.740	52.650	42.290
Mangan	mg/kg TS	<b>1.263</b>	516	559,7	745,7	779,1
Molybdän	mg/kg TS	<b>18,97</b>	3,522	3,569	2,484	2,506
Nickel	mg/kg TS	<b>628</b>	28,73	29,11	33,35	33,18
Blei	mg/kg TS	<b>1.109</b>	196,3	197,3	223,7	213,9
Antimon	mg/kg TS	<b>144</b>	36,35	37,27	31,33	31,29
Selen	mg/kg TS	<b>1,31</b>	0,606	0,5417	0,6852	0,6084
Zinn	mg/kg TS	<b>256</b>	17,51	17,54	10,87	10,81
Thallium	mg/kg TS	<b>0,706</b>	0,1083	0,1169	0,1052	0,1006
Vanadium	mg/kg TS	<b>31,3</b>	13,27	13,53	12,14	12,06
Zink	mg/kg TS	<b>4.076</b>	1.306	1.304	1.580	1.583

Zum Beleg der Richtigkeit des Nachweisverfahrens wurde der Schlacke einmal Kupfer metallisch (99,99 % Reinheit) und ein zweites Mal Cu<sub>2</sub>O (99,9 % Reinheit) zugegeben.

**Tabelle 9: Salzsäurelösliche Elemente in Schlacke nach Dotierung mit metallischem Kupfer**

	Versuch 2	HCL+Cu	HCL+Cu	HCL+Cu	HCL+Cu
Probennummer	113 513-04				
Analysenwerte	Einheit				
Silber	mg/kg TS	0,6533	0,651	0,3434	0,4159
Arsen	mg/kg TS	2,335	2,354	1,086	1,096
Bor	mg/kg TS	353,4	352,3	356,2	334,8
Barium	mg/kg TS	66,29	66,36	94,92	90,49
Beryllium	mg/kg TS	0,3262	0,3287	0,3754	0,3605
Cadmium	mg/kg TS	0,987	0,9816	0,5759	0,546
Kobalt	mg/kg TS	9,968	9,995	5,06	4,875
Chrom gesamt	mg/kg TS	34,2	34,18	30,88	28,93
Kupfer	mg/kg TS	<b>942,4</b>	<b>867,2</b>	<b>697,2</b>	<b>724,7</b>
Eisen	mg/kg TS	14.600	11.620	16.280	22.390
Mangan	mg/kg TS	580	569,7	545,7	510,8
Molybdän	mg/kg TS	3,904	3,876	2,751	2,643
Nickel	mg/kg TS	31,32	31,19	34,59	33,32
Blei	mg/kg TS	284,4	226,7	214,1	221,4
Antimon	mg/kg TS	36,73	36,25	21,45	20,12
Selen	mg/kg TS	0,4938	0,4873	0,5375	0,5025
Zinn	mg/kg TS	11,6	11,54	14,74	14,99
Thallium	mg/kg TS	0,1232	0,121	0,1079	0,1292
Vanadium	mg/kg TS	10,87	10,87	9,791	9,335
Zink	mg/kg TS	1.893	1.906	2.422	2.326

Die Gehalte an in Salzsäure löslichem Kupfer verändern sich nicht signifikant. Metallisches Kupfer löst sich also nicht, so dass davon auszugehen ist, dass der ermittelte Wert von 7,5 % in Salzsäure lösliche Kupferverbindungen kein elementar (oder in Legierungen) vorliegendes Kupfer erfasst.

Zum Beleg, dass Kupfer(I)oxid sich vollständig in Salzsäure löst, wurde der gleiche Versuch durch Zugabe von Kupfer(I)oxid zur Schlacke durchgeführt.

**Tabelle 10: Salzsäurelösliche Elemente in Schlacke nach Dotierung mit Kupfer(I)oxid**

	Versuch 2	HCL	HCL+Cu <sub>2</sub> O	HCL+Cu <sub>2</sub> O	HCL+Cu <sub>2</sub> O	HCL+Cu <sub>2</sub> O
<b>Probenummer</b>	<b>113 513-04</b>	<b>Referenz ohne Schlacke</b>				
<b>Analysenwerte</b>	<b>Einheit</b>					
Silber	mg/kg TS	0,8327	0,8155	0,7922	1,311	1,311
Arsen	mg/kg TS	0,0847	1,954	1,913	1,978	1,589
Bor	mg/kg TS	0,3157	250,2	237,4	214,6	220,6
Barium	mg/kg TS	0,4058	55,68	55,1	59,45	5986
Beryllium	mg/kg TS	<0,06	0,2793	0,2869	0,2372	0,2393
Cadmium	mg/kg TS	0,0586	0,8345	0,8435	0,886	0,8924
Kobalt	mg/kg TS	0,0898	6,383	6,455	4,694	4,766
Chrom gesamt	mg/kg TS	0,7276	44,92	45,77	66,79	68,76
Kupfer	mg/kg TS	<b>13.740</b>	<b>7.976</b>	<b>9.554</b>	<b>12.670</b>	<b>12.790</b>
Eisen	mg/kg TS	22,66	11.540	11.270	12.680	13.080
Mangan	mg/kg TS	0,4687	376,7	357	360,1	372,9
Molybdän	mg/kg TS	0,1325	2,338	2,291	6,302	6,503
Nickel	mg/kg TS	2,001	45,28	45,4	35,98	37,06
Blei	mg/kg TS	25,14	121,5	108,5	236,4	242,6
Antimon	mg/kg TS	0,2673	26,27	25,94	22,55	22,95
Selen	mg/kg TS	0,0054	0,4079	0,4073	0,3634	0,3842
Zinn	mg/kg TS	12,9	23,17	23,03	18,49	18,94
Thallium	mg/kg TS	0,0324	0,1297	0,124	0,1023	0,1025
Vanadium	mg/kg TS	0,0676	9,737	9,852	5,693	5,738
Zink	mg/kg TS	29,72	24.580	24.070	2.170	2.002

Zum Beleg, dass Kupfer(I)oxid sich aber vollständig in Salzsäure löst, wurde der gleiche Versuch durch Zugabe von Kupfer(I)oxid zur Schlacke durchgeführt. Durch eine Inhomogenität der Schlacke wurde ein deutlich höherer Befund an Zink in der Salzsäure gefunden. Während bei Gehalten von in Salzsäure löslichem Zink um 2.000 mg/kg die fast vollständige Wiederfindung des Kupferwertes deutlich wird, kommt es bei erhöhtem Gehalt an Zink zu einer den Messwert beeinflussenden Redoxreaktion. Das zugegebene Kupfer(I)oxid wurde sichtbar an der Oberfläche der Salzsäure abgeschieden. Die Löslichkeit der Zinkverbindungen kann also bei Vorliegen oxidierter Kupferverbindungen erhöht werden, während die Löslichkeit des Kupfers durch Reduktion zurückgedrängt wird.

Da nachgewiesen wurde, dass es sich bei den in den Schlacken gefundenen Gehalten an Kupfer hauptsächlich um metallische Anteile > 92,5 % handelt, liegt die kritische Verbindung Kupfer(I)oxid sicher unter der Berücksichtigungsgrenze und geht nicht in die Bewertung der Eigenschaft „ökotoxisch“ ein.

#### Zinkverbindungen

Zink liegt in Schlacken nur zu einem geringen Anteil als Zinkoxid vor, da es als Rauch/Staub ausgetragen und in die Filterstäube verfrachtet wird. Maximal 38,8 % des Gesamtgehaltes an Zink ließen sich in dem durchgeführten Versuch in Salzsäure lösen. Da sowohl Zink als auch Zinkoxid sich in Salzsäure lösen, ist eine weitere Differenzierung an dieser Stelle vorerst nicht möglich. Folgende Überlegung zum Verhalten von Zink im Verbrennungsprozess wurde angestellt: Metallisches Zink verbrennt bei den Temperaturen, die in MVA oder im EBS-Kraftwerk herrschen, sofern es in ausreichender



Stückigkeit vorliegt, zu dem sehr leichten Oxid, das im Verbrennungsprozess zu großen Teilen mit den Abgasen ausgetragen wird und die oft exorbitant hohen Gehalte an Zink in Filterstäuben aus MVA verursacht. Zinkoxid entsteht zwar bei der Verbrennung, wird aber auf Grund seiner geringen Dichte mit den Abgasen ausgetragen. Es scheint daher angemessen, den Anteil von Zinkoxid an säurelöslichem Zink auf 10 % zu begrenzen. Die verbleibenden 90 % können metallisch und in allen anderen säurelöslichen Bindungsformen vorliegen, so z. B. als Chlorid, Carbonat, Sulfat, Sulfit oder Hydroxid, meist als Folge von Reaktionen des Brenngutes oder der Asche mit Verbrennungsgasen. Es wurde ein Höchstgehalt von 153,5 mg/kg Zinkoxid ermittelt, womit die Berücksichtigungsgrenze unterschritten wird. Eine Einstufungspflicht des Abfalls mit R52-53 kann demnach ausgeschlossen werden. Eine Kennzeichnungspflicht mit N „ökotoxisch“ besteht nicht.

#### Biotests

Zusätzlich zu den Bestimmungen der Gesamtgehalte im Feststoff wurden Biotests durchgeführt, wobei die Ökotoxizität gegenüber Wasserorganismen über das Eluat geprüft wurde. Eine Toxizität gegenüber Algen ist in keinem Fall erkennbar. Die Ergebnisse der Leuchtbakterientests erscheinen inkonsistent und zeigen keine Korrelation zu den Algentests. Substanzen, die mit R59 – Schädigung der Ozonschicht einzustufen wären, wurden nicht nachgewiesen. Eine Einstufung als „ökotoxisch“ ergibt sich damit nicht.

#### **H15 „nach Beseitigung können z. B. gefährliche Auslaugungsprodukte entstehen“**

Das Merkmal ist erfüllt bei Abfällen, die nach der Beseitigung auf irgendeine Weise die Entstehung eines anderen Stoffes bewirken können, z. B. ein Auslaugungsprodukt, das eine der oben genannten Eigenschaften aufweist.

Eine Reaktivität des Abfalls unter Deponiebedingungen oder umwelttypischen Ablagerungsbedingungen ist nicht gegeben. Ein pH-Wert > 11,5 puffert sich unter Deponie- und Umgebungsbedingungen ab. Die Eluatuntersuchungen ergaben keine Hinweise auf die Bildung eines kennzeichnungspflichtigen Stoffes. Ebenso wenig wurde ein Gasbildungspotential festgestellt. Das Kriterium H15 wird damit als nicht erfüllt angesehen.

#### **Ergebnis:**

**Die chemischen Untersuchungen im Feststoff und Eluat ergaben nach Interpretation möglicher Verbindungen keine Hinweise auf das Vorliegen von gefährlichen Eigenschaften nach RL 2008/98/EG bzw. AVV. Diese Schlacke kann dem Abfallschlüssel 190112 zugeordnet werden**

### **7.2 Einstufung von Schlacken aus Müllverbrennungsanlagen (vor der Aufbereitung)**

**H1 „explosiv“, H2 „brandfördernd“, H3-A „leicht entzündbar“, H3-B „entzündbar“**

(Siehe Hinweise unter 7.1)

**H4 „reizend“**

Reizend sind nicht ätzende Stoffe und Zubereitungen, die bei unmittelbarer, länger dauernder oder wiederholter Berührung mit der Haut oder den Schleimhäuten eine

Entzündungsreaktion hervorrufen können. Die Berücksichtigungsgrenze für Stoffe, die als „reizend“ zu kennzeichnen sind, liegt bei 1 Gewichts-%.

Die nicht aufbereiteten Schlacken der MVA erreichen in einem Fall für Kupfer den Wert der Berücksichtigungsgrenze. Wäre der analytisch gefundene Wert für Kupfer allein auf Kupfersulfat zurückzuführen, müsste der Abfall mit Xi; R36/37 eingestuft werden. Kupfersulfat hat eine Wasserlöslichkeit von 203 g/l. Der im wässrigen Auszug gefundene Maximalwert im Eluat für Kupfer beträgt für die Schlacken aus MVA 0,395 mg/l und für Sulfat 1.050 mg/l. Kupfersulfat liegt demnach nicht vor. Eine Einstufung über Gesamtgehalte ergibt sich damit nicht.

Die Abfallverzeichnisverordnung § 3 Abs. (2) schränkt für die gefährliche Eigenschaft „reizend“ gegenüber dem Chemikalienrecht insofern ein, dass für einen Abfall das Kriterium H4 „reizend“ dann erfüllt ist, wenn (Nr. 7) die „Gesamtkonzentration von  $\geq 10\%$  an einem oder mehreren nach R41 als reizend eingestuftem Stoffen“ oder (Nr. 8) die „Gesamtkonzentration von  $\geq 20\%$  an einem oder mehreren nach R36, R37, R38 als reizend eingestuftem Stoffen“ vorliegt. Unter Einbeziehung des Verfahrens nach YOUNG wird dieser Abfall als „nicht reizend“ eingestuft (s. a. unter H8).

#### **H5 „gesundheitsschädlich“**

Als gesundheitsschädlich sind Stoffe und Zubereitungen, die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung Gesundheitsgefahren von beschränkter Tragweite hervorrufen können einzustufen.

Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 1 Gewichts-%. Der Messwert für Kupfer erreicht in einer untersuchten nicht aufbereiteten Schlacke der MVA diesen Grenzwert. Da die Schwankungen zwischen den Messungen derselben Schlackeprobe in jeweils einer Doppelbestimmung aus 2 getrennt gewonnenen Laborproben extrem groß sind, muss davon ausgegangen werden, dass auch hier Kupfer metallisch vorliegt.

**Tabelle 11: Kupferwerte einer Schlacke einer MVA**

<b>Messwert für Kupfer in mg/kg</b>	<b>Laborprobe 1</b>	<b>Laborprobe 2</b>
Aufschluss 1	2.960	21.800
Aufschluss 2	2.830	21.200

Insgesamt ergibt sich damit für die untersuchten Schlacken keine Einstufung als „gesundheitsgefährlich“.

#### **H6 „giftig“**

Als giftig sind Stoffe und Zubereitungen (einschließlich hochgiftiger Stoffe und Zubereitungen), die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung schwere, akute oder chronische Gesundheitsgefahren oder sogar den Tod verursachen können, einzustufen. Die Berücksichtigungsgrenze für Stoffe, die als „giftig“ oder „sehr giftig“ einzustufen sind beträgt 0,1 Gewichts-%. Die untersuchten Schlacken überschreiten die Berücksichtigungsgrenzen für die kritischen Bindungsformen bei folgenden Elementen:

Nickel mit maximal 315 mg/kg TS und Zink mit maximal 3.891 mg/kg TS.

Nickeldichromat ist kennzeichnungspflichtig mit T, R48/23 ab 1 %. Ab 0,1 % (213,67 mg/kg Ni) erfolgt die Kennzeichnung mit Xn; R48/20. Die stöchiometrische Menge an Chrom in dieser Verbindung ist größer als das maximale Messergebnis. Das Vorliegen von Nickeldichromat oberhalb der Berücksichtigungsgrenze ist ausgeschlossen.

Zink ist mit T+; R28 kennzeichnungspflichtig als Zinkphosphid. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 0,1 % für die Verbindung (Zn = 760 mg/kg).

Der Abfall wäre über den Gehalt an Zink nur dann einzustufen, wenn es als Zinkphosphid ( $ZnP_3$ ) vorläge. Das Vorliegen von Zinkphosphid kann mit Sicherheit ausgeschlossen werden, da sich Zinkphosphid leicht zersetzt und bei Ablöschen der Schlacken mit Wasser sofort zerfallen würde. Darüber hinaus wären die Schlacken bei Vorhandensein von Zinkphosphid-Resten organoleptisch deutlich auffällig gewesen und hätten zudem in der qualitativen Prüfung der Gasbildung grundsätzlich Auffälligkeit gezeigt. Das ist nicht der Fall.

Eine Einstufung als „giftig“ oder „sehr giftig“ erfolgt daher nicht.

### **H7 „krebserzeugend“**

Als krebserzeugend sind Stoffe und Zubereitungen (einschließlich hochgiftiger Stoffe und Zubereitungen), die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung Krebs erzeugen oder dessen Häufigkeit erhöhen können, einzustufen. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 0,1 Gewichts-% für die Kategorien 1 und 2 und bei 1 Gewichts-% für Stoffe der Kategorie 3.

Die Berücksichtigungsgrenzen sind bei Vorliegen der aufgeführten Verbindungen für folgende Elementen formal überschritten:

**Tabelle 12: In Schlacken der MVA überschrittene Berücksichtigungsgrenzen bei Vorliegen folgender Verbindungen**

Element	Verbindung	Berücksichtigungsgrenze bezogen auf das Element in mg/kg TS
Blei	Bleichromat/ Bleihydrogenarsenat	1.000
Chrom	Kaliumchromat	267,76
Nickel	Nickeldichromat	213,67

Das Vorliegen von Bleihydrogenarsenat wurde schon über den Gesamtgehalt an Arsen ausgeschlossen. Bleichromat enthält stöchiometrisch 161 mg/kg TS Chrom. Dieser Wert wird erreicht.

Der Maximalwert (Mittelwert) für Chrom ges. in den Schlacken der MVA beträgt 283 mg/kg TS. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich Bleichromat bei den Temperaturen der Verbrennung zersetzt. Das Vorliegen der Verbindung oberhalb der Berücksichtigungsgrenze kann ausgeschlossen werden.

Chrom ist als Kaliumchromat mit Carc. Cat. 2 eingestuft. Die Berücksichtigungsgrenze für Chrom liegt bei 267,76 mg/kg. Die Wasserlöslichkeit der Verbindung liegt bei 637 g/l. wasserlösliches Chrom wurde bei den Schlacken der MVA nicht detektiert. Das Vorliegen der Verbindung oberhalb der Berücksichtigungsgrenze kann ausgeschlossen werden.

Nickel als Nickeldichromat ist ebenso kennzeichnungspflichtig mit T, R48/23 ab 1 %, ab 0,1 % (387,9 mg/kg Ni) mit Xn; R48/20. Das Vorliegen von Nickelchromaten wurde unter H6 diskutiert und ausgeschlossen.

Die Chrom(VI)-Werte aller Schlacken der MVA im Eluat betragen weniger als 30 µg/l. das Vorliegen krebserzeugender löslicher Chromate und Dichromate kann ausgeschlossen werden.

Nickel und Chrom gelangen häufig als Legierungen in den Verbrennungsrückstand, wo sie als teilweise unverbrannte Stoffe verbleiben. Das Vorliegen rein kristalliner Bindungsformen ist unwahrscheinlich bei Schlacken aus der Verbrennung von Siedlungsabfällen.

Eine Einstufung als „krebserzeugend“ erfolgt daher nicht.

## H8 „ätzend“

Als ätzend sind diejenigen Stoffe und Zubereitungen zu kennzeichnen, die bei Berührung mit lebendem Gewebe zerstörend auf diese einwirken können.

Gemäß AVV § 3 Abs. (2) ist ein Abfall dann als „ätzend“ einzustufen, wenn die (Nr. 5) „Gesamtkonzentration von  $\geq 1\%$  an einem oder mehreren nach R35 als ätzend eingestuftem Stoffen“ oder (Nr. 6) „Gesamtkonzentration von  $\geq 5\%$  an einem oder mehreren nach R34 als ätzend eingestuftem Stoffen“ vorliegt. Die Berücksichtigungsgrenze für ätzende Stoffe liegt bei 1 %. Diese wird von keinem Element überschritten.

Für Abfälle, deren pH-Wert 11,5 übersteigt und deren detaillierte Zusammensetzung bezüglich vorhandener Bindungsformen nicht bekannt ist, kann zum Ausschluss von „ätzend“ (nicht aber für „reizend“) im Chemikalienrecht der pH-Wert in Verbindung mit der alkalischen Reserve nach YOUNG et al für die Einstufung verwendet werden (Methodenbeschreibung in Anlage 1 TRGS 200). Frisch anfallende Schlacken weisen bedingt durch den Verbrennungsprozess und der Bildung basischer Oxide regelmäßig pH-Werte oberhalb von 11,5 auf, sind aber unter Berücksichtigung der alkalischen Reserve als „nicht ätzend“ einzustufen. Für die untersuchten Schlacken liefert die exemplarische Prüfung nach dem Verfahren von YOUNG folgende Ergebnisse auf der Basis von Maximalwerten:

**Tabelle 13: Alkalische Reserve (Maximalwert für frisch angefallene Rost- & Kesselaschen)**

Parameter	Messwert
Alkalische Reserve	1,85
pH-Wert, gemessen	12,4
pH-Wert + 1/12 Alkalische Reserve	12,55
Ergebnis $\geq 14,5$ und damit „Ätzend“?	nein
pH-Wert + 1/6 Alkalische Reserve	12,7
Ergebnis $\geq 13,0$ und damit „Reizend“?	nein

Die alkalische Reserve beträgt maximal 1,85. In Verbindung mit dem maximalen pH-Wert von 12,4 ergibt sich ein Prüfwert für eine Kennzeichnung als „ätzend“ von 12,55, der deutlich unter dem Einstufungsgrenzwert von 14,5 liegt. Eine Einstufung als „ätzend“ erfolgt nicht.

## H9 „infektiös“

(Siehe Hinweise unter 7.1)

## H10 „fortpflanzungsgefährdend“ (reproduktionstoxisch)

Fortpflanzungsgefährdend sind Stoffe und Zubereitungen, die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung nichterbliche angeborene Missbildungen hervorrufen oder ihre Häufigkeit erhöhen können. Die Berücksichtigungsgrenze für fortpflanzungsgefährdende Stoffe Repr. Cat. 1 und 2 liegt bei 0,1 %, für Repr. Cat. 3 bei 1 %.

Das Vorliegen von kennzeichnungspflichtigen Chromaten oberhalb der Berücksichtigungsgrenze von 0,1 % wurde schon unter H6 und H7 ausgeschlossen.

Bleiverbindungen sind ab 0,1 % zu berücksichtigen. Der Maximalwert von 1.522 mg/kg überschreitet die Berücksichtigungsgrenze. Bleiverbindungen sind also zu berücksichtigen. Der Konzentrationsgrenzwert wird nicht erreicht.

Zu berücksichtigen sind auch Verbindungen des Bors. Bor in Form von Borsäure hat eine Berücksichtigungsgrenze 174,8 mg/kg, als Boroxid von 310,5 mg/kg und als Natriumtetraborat mit 214,9 mg/kg. Für Zubereitungen, die Bor in löslicher Form enthalten, sind folgende relevante Verbindungen in Anhang VI, Tabelle 3.2 der CLP-Verordnung erfasst und mit spezifischen Konzentrationsgrenzwerten aufgeführt:

**Tabelle 14: Konzentrationsgrenzwerte für Borverbindungen**

<b>Verbindung</b>	<b>Molmasse der Verbindung</b>	<b>Molmasse des Bor-Anteils</b>	<b>Konzentrationsgrenzwert der Verbindung</b>	<b>entspricht einem Borgehalt von</b>
	<b>g/Mol</b>	<b>g/Mol</b>	<b>Masse-%</b>	<b>mg/kg</b>
Borsäure	61,83	10,81	5,5	9.616
Borax, wasserfrei	201,22	43,24	4,5	9.670
Borax, Pentahydrat	291,295	43,24	6,5	9.649
Borax, Decahydrat	381,37	43,24	8,5	9.637

Die zugehörige Einstufung ist Repr. Cat. 2; R60-61. Hier läge ohne Festlegung spezifischer Grenzwerte der Konzentrationsgrenzwert bei 0,5 %. Demgegenüber stellen die festgelegten spezifischen Konzentrationsgrenzwerte auf einen Elementgehalt von rund 1 % ab. Es ist daher nicht erforderlich, die Verbindungen an dieser Stelle aufzuklären, da die Konzentrationsgrenzwerte deutlich unterschritten werden. Eine Einstufung als fortpflanzungsgefährdend erfolgt somit nicht.

**H11 „mutagen“, H12 „giftige Gase abscheidend bei der Berührung mit Wasser“, H13 „sensibilisierend“**

(Siehe Hinweise unter 7.1)

**H14 „ökotoxisch“**

Als „ökotoxisch“ sind Abfälle einzustufen, die unmittelbare oder mittelbare Gefahren für einen oder mehrere Umweltbereiche darstellen oder darstellen können. Die Berücksichtigungsgrenze für Inhaltsstoffe, die zu einer Einstufung als „ökotoxisch“ führen, liegt bei 0,1 % bei einer Gefährlichkeit für die Umwelt oder Ozon und einer Kennzeichnung mit N und bei 1 % bei einer Gefährlichkeit für die Umwelt (R52-53).

In der folgenden Tabelle sind Verbindungen aufgeführt, die zu berücksichtigen bzw. zu diskutieren sind:

**Tabelle 15: Für die Einstufung als ökotoxisch zu berücksichtigende Verbindungen (nur Stoffe, deren Elemente über der Berücksichtigungsgrenze für die Verbindung liegen)**

Stoff	Kennzeichnung	Berücksichtigungsgrenze in mg/kg	Bemerkung
Blei u. seine Verbindungen	N; R50-53	1.000 Pb	Ist zu berücksichtigen
Kaliumchromat	N; R50-53	267,8 nur wasserlösliches Chrom	Ausgeschlossen über Cr wasserlöslich < 0,03 mg/l
Nickeldichromat	N; R50-53 25% N;R51-53 2,5% R52-53 0,25%	Ni 213,7, aber 378,6 Cr	Ausgeschlossen über Chrom
Kupferchlorid	N; R50-53	641,9 Cu	Ausgeschlossen über lösliches Cu < 0,5 mg/l (Löslichkeit: 99 g/l)
Kupfersulfat	N; R50-53	398,1 Cu	Ausgeschlossen über lösliches Cu < 0,5 mg/l (Löslichkeit: 159,61g/l)
Kupfer(I)oxid	N: R50-53	887,5 Cu	Ist zu berücksichtigen, siehe Ausführungen bezüglich der Bindungsform
Zinkchlorid	N; R50-53	479,7 Zn	Ausgeschlossen über Zn wasserlöslich (Löslichkeit: 4.300 g/l)
Zinksulfat	N; R50-53	405,1 Zn	Ausgeschlossen über Zn wasserlöslich (Löslichkeit: 350 g/l)
Zinkoxid	N; R50-53	803,4 Zn	mögliche Bindungsform nach oxidativem Prozess der Verbrennung, unwahrscheinlich in Schlacken, weil Verfrachtung in Filterstäube erfolgt.

Zu berücksichtigen bleiben für die Einstufung der Umweltgefährlichkeit folgende Analysenergebnisse:

**Tabelle 16: Maximalwerte der Kupfer- und Zink-Gesamtgehalte in Schlacken aus MVA**

	Einheit	Maximalwert der Untersuchungen an MVA -Schlacken
Blei	mg/kg TS	1.522
Kupfer	mg/kg TS	12.200
Zink	mg/kg TS	3.891

Kupfer(I)oxid ist im Gegensatz zu Kupfer neben weiteren Kupferverbindungen in der nicht oxidierenden Salzsäure löslich. Metallisches Kupfer oxidiert oberflächlich und passiviert dann. Untersucht wurde exemplarisch eine Schlacke, die auffällig viel Kupfer aufwies. Von dem Gesamtgehalt an Kupfer wurden nur maximal 7,5 % in Salzsäure gelöst. Der

Rest muss in anderen Bindungsformen (z. B. metallisch oder als Legierung) vorliegen (siehe Erläuterung unter 7.1).

Bei formaler Übertragung der Annahme eines 7,5%igen Anteils von Kupfer als Kupfer(I)oxid auf den Höchstwert aller untersuchten Schlacken ergibt sich bei Einbezug der enthaltenen Feuchte von mindestens 18% folgender Gehalt in der Schlacke:

$12.200 \text{ mg/kg TS} * 0,075 (= 7,5 \% \text{ Cu-Monoxid}) * 0,82 (= \text{Gehalt bei } 18 \% \text{ Feuchte}) = 750,3 \text{ mg/kg}$

Dieser Gehalt entspricht bei einem Umrechnungsfaktor von 1,13 vom Element zur Verbindung einem Maximalgehalt von 847 mg/kg Kupfer(I)oxid, so dass die Berücksichtigungsgrenze unterschritten wird. (Erläuterung zu Zink siehe unter 7.1). Die Berücksichtigungsgrenze für Zink wird unterschritten. Eine Einstufungspflicht des Abfalls mit R52-53 kann demnach ausgeschlossen werden. Eine Kennzeichnungspflicht mit N „ökotoxisch“ besteht nicht.

#### Biotests

Zusätzlich zu den Bestimmungen der Gesamtgehalte im Feststoff wurden Biotests durchgeführt, wobei die Ökotoxizität gegenüber Wasserorganismen über das Eluat geprüft wurde. Eine Toxizität gegenüber Algen ist in keinem Fall erkennbar. Die Ergebnisse der Leuchtbakterientests sind wieder stark schwankend und zeigen keine Korrelation zu den Algentests. Substanzen, die mit R59 – Schädigung der Ozonschicht einzustufen wären, wurden nicht nachgewiesen. Eine Einstufung als „ökotoxisch“ ergibt sich damit nicht.

#### **H15 „nach Beseitigung können z. B. gefährliche Auslaugungsprodukte entstehen“**

(Siehe Hinweise unter 7.1)

#### **Ergebnis:**

**Die chemischen Untersuchungen im Feststoff und Eluat ergaben nach Interpretation möglicher Verbindungen keine Hinweise auf das Vorliegen von gefährlichen Eigenschaften nach RL 2008/98/EG bzw. AVV. Diese Schlacke kann dem Abfallschlüssel 190112 zugeordnet werden.**

### **7.3 Einstufung von Schlacken aus Verbrennungsanlagen, die Ersatzbrennstoffe verbrennen (vor der Aufbereitung)**

**H1 „explosiv“, H2 „brandfördernd“, H3-A „leicht entzündbar“, H3-B „entzündbar“**

(Siehe Hinweise unter 7.1)

**H4 „reizend“**

Reizend sind nicht ätzende Stoffe und Zubereitungen, die bei unmittelbarer, länger dauernder oder wiederholter Berührung mit der Haut oder den Schleimhäuten eine Entzündungsreaktion hervorrufen können. Die Berücksichtigungsgrenze für Stoffe, die als „reizend“ zu kennzeichnen sind, liegt bei 1 Gewichts-%.

Die nicht aufbereiteten Schlacken der EBS-Kraftwerke erreichen in einem Fall für Kupfer den Wert der Berücksichtigungsgrenze. Einzustufen mit Xi; R36/37 wäre ein Abfall, wenn der analytisch gefundene Wert für Kupfer allein auf Kupfersulfat zurückzuführen wäre. Kupfersulfat hat eine Wasserlöslichkeit von 203 g/l. Der im wässrigen Auszug gefundene

Maximalwert für Kupfer beträgt für die Schlacken aus MVA 0,395 mg/l und für Sulfat 1.050 mg/l. Kupfersulfat liegt demnach nicht vor. Eine Einstufung über Gesamtgehalte ergibt sich damit nicht.

Bei Nickel ist die Berücksichtigungsgrenze für die Verbindungen Nickelsulfat, -chlorid und -nitrat erreicht. Auch hier gilt, dass ein Vorliegen der sehr gut wasserlöslichen Verbindungen über den Nickelgehalt im Eluat von weniger als 5 µg/l ausgeschlossen werden kann. Aus diesem Grund kann auch Zinksulfat mit einer Wasserlöslichkeit von 350 g/l ausgeschlossen werden.

Für die Kennzeichnung der nicht aufbereiteten Schlacken aus EBS-Kraftwerken über den pH-Wert wird auf die Ausführungen unter 7.2 verwiesen. In Analogie sind die Schlacken aus EBS-Kraftwerken nicht als „reizend“ einzustufen.

#### **H5 „gesundheitsschädlich“**

Als gesundheitsschädlich sind Stoffe und Zubereitungen, die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung Gesundheitsgefahren von beschränkter Tragweite hervorrufen können einzustufen. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 1 Gewichts-%.

Die Messwerte für Kupfer und Zink erreichen in den untersuchten nicht aufbereiteten Schlacken der EBS-Kraftwerke diesen Grenzwert. Während das Vorliegen der Chloride und Sulfate von Kupfer und Zink wiederum über die gute Wasserlöslichkeit und die geringen Eluatwerte ausgeschlossen werden kann, wird im Fall des Kupferoxids auf die Untersuchungen zur Salzsäurelöslichkeit verwiesen. Hier wurde analytisch belegt, dass nur ein geringer Prozentsatz des Gesamtgehaltes an Kupfer möglicherweise auch in oxidischer Form vorliegt. Unter Berücksichtigung des elementaren oder als Legierungsmetall vorliegenden Kupfers ist nicht vom Vorliegen gesundheitsschädlicher Verbindungen in kennzeichnungspflichtigen Konzentrationen auszugehen. Insgesamt ergibt sich damit für die untersuchten Schlacken keine Einstufung als gesundheitsgefährlich.

#### **H6 „giftig“**

Als giftig sind Stoffe und Zubereitungen (einschließlich hochgiftiger Stoffe und Zubereitungen), die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung schwere, akute oder chronische Gesundheitsgefahren oder sogar den Tod verursachen können, einzustufen. Die Berücksichtigungsgrenze für Stoffe, die als giftig oder sehr giftig einzustufen sind beträgt 0,1 Gewichts-%. Die untersuchten Schlacken überschreiten die Berücksichtigungsgrenzen für die kritischen Bindungsformen bei folgenden Elementen:

Chrom mit maximal 514 mg/kg TS

Nickel mit maximal 628 mg/kg TS und

Zink mit maximal 12.970 mg/kg TS.

Das Vorliegen von als „giftig“ zu kennzeichnenden Chromaten ist ausgeschlossen, da die Konzentrationsgrenzwerte über wasserlösliches Chrom definiert sind, welches hier ausgeschlossen wurde. Nickeldichromat ist kennzeichnungspflichtig mit T, R48/23 ab 1 %. Ab 0,1 % (213,67 mg/kg Ni) erfolgt die Kennzeichnung mit Xn; R48/20. Das Vorliegen von Nickeldichromat in Schlacken wurde schon bei aufbereiteten und nicht aufbereiteten Schlacken der MVA diskutiert und ausgeschlossen. Es kann auch hier davon ausgegangen werden, dass bei einer (wenn auch geringen) Wasserlöslichkeit Nickel und Chrom im Eluat nachweisbar gewesen sein müssten. Ebenso wird von einer Zersetzung bei den Temperaturen der Verbrennung ausgegangen. Das Vorliegen von Nickeldichromat in Konzentrationen oberhalb der Konzentrationsgrenzwerte wird ausgeschlossen.



Zink ist mit T+; R28 kennzeichnungspflichtig als Zinkphosphid. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 0,1 % für die Verbindung (Zn = 760 mg/kg). Der Abfall wäre über den Gehalt an Zink nur dann einzustufen, wenn es als Zinkphosphid (ZnP<sub>3</sub>) vorläge. Das Vorliegen von Zinkphosphid kann mit Sicherheit ausgeschlossen werden, da sich Zinkphosphid leicht zersetzt und bei Ablöschen der Schlacken mit Wasser sofort zerfallen würde. Darüber hinaus wären die Schlacken bei Vorhandensein von Zinkphosphid-Resten organoleptisch deutlich auffällig gewesen und hätten zudem in der qualitativen Prüfung der Gasbildung grundsätzlich Auffälligkeit gezeigt. Das ist nicht der Fall. Eine Einstufung als „giftig“ oder „sehr giftig“ erfolgt daher nicht.

### H7 „krebserzeugend“

Als krebserzeugend sind Stoffe und Zubereitungen (einschließlich hochgiftiger Stoffe und Zubereitungen), die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung Krebs erzeugen oder dessen Häufigkeit erhöhen können, einzustufen. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 0,1 Gewichts-% für die Kategorien 1 und 2 und bei 1 Gewichts-% für Stoffe der Kategorie 3.

Die Berücksichtigungsgrenzen sind bei Vorliegen der aufgeführten Verbindungen für folgende Elementen formal überschritten:

**Tabelle 17: Elementgehalte in Schlacken der EBS, die bei Vorliegen der Verbindung über der Berücksichtigungsgrenze liegen**

Element	Verbindung	Berücksichtigungsgrenze bezogen auf das Element in mg/kg TS
Blei	Bleichromat/ Bleihydrogenarsenat	1.000
Chrom	Kaliumchromat	267,76
Nickel	Nickeldichromat	213,67

Das Vorliegen von Bleihydrogenarsenat kann über den stöchiometrischen Bedarf an Arsen ausgeschlossen werden. Für Bleichromat dagegen ist hypothetisch ein stöchiometrisch ausreichender Befund ermittelt worden. Es muss aber davon ausgegangen werden, dass sich diese Verbindung bei den Temperaturen der Verbrennung zersetzt. Ein Vorliegen der Verbindung oberhalb der Berücksichtigungsgrenze kann daher ausgeschlossen werden.

Chrom ist als Chromat und Dichromat des Kalium und Natrium mit Carc. Cat. 2 eingestuft. Diese Verbindungen sind wasserlöslich. Die Chrom(VI)-Werte aller Schlacken der EBS-Kraftwerke betragen weniger als 30 µg/l. Das Vorliegen krebserzeugender löslicher Chromate und Dichromate kann ausgeschlossen werden.

Nickel als Nickeldichromat ist ebenso kennzeichnungspflichtig mit T, R48/23 ab 1%, ab 0,1 % (387,9 mg/kg Ni) mit Xn; R48/20. Das Vorliegen von Nickelchromaten wurde unter H6 diskutiert und ausgeschlossen. Eine Einstufung als „krebserzeugend“ erfolgt daher nicht.

### H8 „ätzend“

Analog zu der unter 7.2 angeführten Bewertung des Merkmals „reizend“ nach YOUNG erhält man hier ebenfalls den Befund „nicht reizend“, da die Summe aus dem pH-Wert und einem Sechstel der alkalischen Reserve kleiner als 13 ist ( $12,4 + 1,85/6 = 12,7$ ).

### H9 „infektiös“

(Siehe Hinweise unter 7.1)

## **H10 „fortpflanzungsgefährdend**

Fortpflanzungsgefährdend sind Stoffe und Zubereitungen, die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung nichterbliche angeborene Missbildungen hervorrufen oder ihre Häufigkeit erhöhen können. Die Berücksichtigungsgrenze für fortpflanzungsgefährdende Stoffe Repr. Cat. 1 und 2 liegt bei 0,1 %, für Repr. Cat. 3 bei 1 %.

Das Vorliegen von kennzeichnungspflichtigen Chromaten oberhalb der Berücksichtigungsgrenze wurde schon unter H6 und H7 ausgeschlossen. Bleiverbindungen sind ab 0,1 % TS zu berücksichtigen. Der Maximalwert von 4.443 mg/kg überschreitet die Berücksichtigungsgrenze. Bleiverbindungen sind demnach zu berücksichtigen. Der Konzentrationsgrenzwert wird jedoch nicht erreicht.

Zu berücksichtigen sind auch die Verbindungen des Bors. Bor in Form von Borsäure hat eine Berücksichtigungsgrenze 174,8 mg/kg, als Boroxid von 310,5 mg/kg und als Natriumtetraborat mit 214,9 mg/kg. Die Konzentrationsgrenzwerte der Verbindungen aber liegen wesentlich höher. Es kann also entfallen, die Verbindungen an dieser Stelle aufzuklären, da die Konzentrationsgrenzwerte sehr deutlich unterschritten werden. Eine Einstufung als fortpflanzungsgefährdend erfolgt somit nicht.

## **H11 „mutagen“, H12 „giftige Gase abscheidend bei Berührung mit Wasser“**

(Siehe Hinweise unter 7.1)

## **H13 „sensibilisierend“**

Als „sensibilisierend“ sind Stoffe und Zubereitungen einzustufen, die beim Einatmen oder Hautdurchdringung eine Überempfindlichkeit hervorrufen können, so dass bei künftiger Exposition gegenüber dem Stoff oder der Zubereitung charakteristische Störungen auftreten.

Die Möglichkeit einer Sensibilisierung bei Einatmen besteht bei Stoffen, die mit R42 gekennzeichnet sind und bei Hautkontakt bei Stoffen, die mit R43 gekennzeichnet sind. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 1 %. Diese wird von keinem Element erreicht.

Niedrigere (spezifische) Konzentrationsgrenzwerte sind vorgegeben für Nickelsulfat (Löslichkeit 625g/l), Nickelchlorid (Löslichkeit 642 g/l), Nickelnitrat (Löslichkeit 940 g/l), Nickeldichromat mit jeweils 0,01 %. Der höchste gemessene Eluatwert lag bei 13,3 µg/l, entsprechend 0,133 mg/kg oder 0,0000133 %, so dass hier ein Ausschluss über die Löslichkeit erfolgen kann. Nickeldichromat wurde schon unter H6 ausgeschlossen.

Die Notwendigkeit einer Einstufung mit H13 ist somit nicht gegeben.

## **H14 „ökotoxisch“**

Als „ökotoxisch“ sind Abfälle einzustufen, die unmittelbare oder mittelbare Gefahren für einen oder mehrere Umweltbereiche darstellen oder darstellen können. Die Berücksichtigungsgrenze für Inhaltsstoffe, die zu einer Einstufung als „ökotoxisch“ führen, liegt bei 0,1 % bei einer Gefährlichkeit für die Umwelt oder Ozon und einer Kennzeichnung mit N und bei 1 % bei einer Gefährlichkeit für die Umwelt (R52-53).

Nachfolgend ist eine Tabelle aufgeführt, die die Verbindungen enthält, die bei den untersuchten Rohschlacken der EBS-Kraftwerke zu berücksichtigen bzw. zu diskutieren sind.

**Tabelle 18: Für die Einstufung als ökotoxisch zu berücksichtigende Verbindungen (nur Stoffe, deren Elemente über der Berücksichtigungsgrenze für die Verbindung liegen)**

<b>Stoff</b>	<b>Kennzeichnung</b>	<b>Berücksichtigungsgrenze in mg/kg</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Blei u. seine Verbindungen</b>	<b>N; R50-53</b>	<b>1.000 Pb</b>	<b>zu berücksichtigen</b>
Kaliumchromat	N; R50-53	267,8 nur wasserlösliches Chrom	Ausgeschlossen über Cr wasserlöslich <0,03 mg/l
Kaliumdichromat	N; R50-53	353,5 nur wasserlösliches Chrom	Ausgeschlossen über Cr wasserlöslich <0,03 mg/l
Natriumdichromat	N; R50-53	397,0	Ausgeschlossen über Cr wasserlöslich <0,03 mg/l
Natriumchromat	N; R50-53	nur wasserlösliches Chrom	Ausgeschlossen über Cr wasserlöslich <0,03 mg/l
Nickeldichromat	N; R50-53 25% N; R51-53 2,5% R52-53 0,25%	Ni 213,7/Cr 378,6	Vermutete Zersetzung, Ni wasserlöslich <0,005 mg/l
Nickelchromat	N; R50-53	Ni 297,7/Cr 298	Vermutete Zersetzung, Ni wasserlöslich <0,005 mg/l
Nickelsulfat	N; R50-53 25% N; R51-53 2,5% R52-53 0,25%	Ni 379,3	Ausgeschlossen über Ni wasserlöslich <0,005 mg/l (Löslichkeit 625g/l)
Nickelchlorid	N; R50-53 25% N; R51-53 2,5% R52-53 0,25%	Ni 452,8	Ausgeschlossen über Ni wasserlöslich <0,005 mg/l (Löslichkeit 642g/l)
Nickelnitrat	N; R50-53 25% N; R51-53 2,5% R52-53 0,25%	Ni 321,2	Ausgeschlossen über Ni wasserlöslich <0,005 mg/l (Löslichkeit 940 g/l)
Nickelsilikat	N; R50-53	Ni 435,48	sehr unwahrscheinlich
Kupferchlorid	N; R50-53	641,88 Cu	Ausgeschlossen über lösliches Cu <0,05 mg/l (Löslichkeit 99 g/l)
Kupfersulfat	N; R50-53	398,13 Cu	Ausgeschlossen über lösliches Cu <0,05 mg/l (Löslichkeit 159,61g/l)
<b>Kupfer(I)oxid</b>	<b>N; R50-53</b>	<b>887,5 Cu</b>	<b>zu berücksichtigen</b>
Mangansulfat	N; R51-53		Ausgeschlossen über Löslichkeit
Zinkchlorid	N; R50-53	479,7 Zn	Ausgeschlossen über Zn wasserlöslich (Löslichkeit 4.300 g/l)
Zinksulfat	N; R50-53	405,1 Zn	Ausgeschlossen über Zn wasserlöslich (Löslichkeit 350 g/l)
<b>Zinkoxid</b>	<b>N; R50-53</b>	<b>803,4 Zn</b>	mögliche Bindungsform nach oxidativem Prozess der Verbrennung, unwahrscheinlich in Schlacken, weil Verfrachtung in Filterstäube erfolgt, siehe 9.6.15, <b>zu berücksichtigen</b>

Für die Einstufung der Umweltgefährlichkeit sind folgende Analysenergebnisse zu berücksichtigen:

**Tabelle 19: Mittelwerte der Kupfer- und Zink-Gesamtgehalte in Rohschlacken der EBS- Kraftwerke**

	Einheit	Mittelwerte der Untersuchungen an den Rohschlacken der EBS -Kraftwerke
Blei	mg/kg TS	1.386 mg/kg TS (Mittelwert, Ausreißer bereinigt)
Kupfer	mg/kg TS	12.480 mg/kg TS (Mittelwert)
Zink	mg/kg TS	5.212 mg/kg TS (Mittelwert)

EBS-Rostaschen neigen stark zu überhöhten Einzelwerten, die meist auf sporadische Metallbeimengungen zurückzuführen sind und nach der Aufbereitung kaum mehr auftreten. Die Verwendung von Höchstwerten ist nicht sinnvoll. Für die folgende Abschätzung wurden daher die Mittelwerte herangezogen.

Analog zu dem Vorgehen unter 7.2 wird bei der Annahme eines 7,5 % igen Anteils von Kupfer als Kupfer(I)oxid ein maximaler Gehalt von 867 mg/kg Kupfer(I)oxid berechnet und damit die Berücksichtigungsgrenze unterschritten.

Das gleiche Vorgehen liefert für Zink einen maximalen Gehalt von 202,1 mg/kg Zinkoxid, so dass die Berücksichtigungsgrenze unterschritten wird.

Auf Grund der Unterschreitung der Berücksichtigungsgrenzen für Kupfer(I)oxid und Zinkoxid ist damit nur Blei hinsichtlich R52-53 zu bewerten. Hier ist der Gehalt von 0,25 % unterschritten, so dass eine Einstufung nicht nötig ist. Eine Kennzeichnungspflicht mit N „ökotoxisch“ erfolgt nicht.

#### Biotests

Zusätzlich zu den Bestimmungen der Gesamtgehalte im Feststoff wurden Biotests durchgeführt, wobei die Ökotoxizität gegenüber Wasserorganismen über das Eluat geprüft wurde. Eine Toxizität gegenüber Algen ist in keinem Fall erkennbar. Die Ergebnisse der Leuchtbakterientests sind wieder stark schwankend und zeigen keine Korrelation zu den Algentests. Substanzen, die mit R59 – Schädigung der Ozonschicht einzustufen wären, wurden nicht nachgewiesen. Eine Einstufung als „ökotoxisch“ ergibt sich damit nicht.

#### **H15 „nach Beseitigung können z. B. gefährliche Auslaugungsprodukte entstehen“**

(Siehe Hinweise unter 7.1)

#### **Ergebnis:**

Die chemischen Untersuchungen im Feststoff und Eluat ergaben nach Interpretation möglicher Verbindungen keine Hinweise auf das Vorliegen von gefährlichen Eigenschaften nach RL 2008/98/EG bzw. AVV. Diese Schlacke kann dem Abfallschlüssel 190112 zugeordnet werden.

#### **7.4 Einstufung von Kesselstäuben aus Müllverbrennungsanlagen und Verbrennungsanlagen, die Ersatzbrennstoffe verbrennen**

**H1 „explosiv“, H2 „brandfördernd“, H3-A „leicht entzündbar“, H3-B „entzündbar“**  
(Siehe Hinweise unter 7.1)

#### H4 „reizend“

Reizend sind nicht ätzende Stoffe und Zubereitungen, die bei unmittelbarer, länger dauernder oder wiederholter Berührung mit der Haut oder den Schleimhäuten eine Entzündungsreaktion hervorrufen können. Die Berücksichtigungsgrenze für Stoffe, die als „reizend“ zu kennzeichnen sind, liegt bei 1 Gewichts-%.

Die Kesselstäube überschreiten den Wert der Berücksichtigungsgrenze für Zink und Eisen.

Einzustufen mit Xi; R36/37/38 wäre ein Abfall, wenn der analytisch gefundene Wert für Zink auf Zinkchlorid zurückzuführen wäre. Zinkchlorid hat wie auch Zinksulfat einen Konzentrationsgrenzwert als „Reizend“ von 5 %. Zinkchlorid hat eine Wasserlöslichkeit von 4.300 g/l. Der im wässrigen Auszug gefundene Maximalwert für Zink beträgt für die Kesselstäube 656 mg/l. Chlorid wurde mit 1.380 mg/l ermittelt und Sulfat mit 9.230 mg/l.

656 mg/l Zink im Eluat entsprechen 1,62 % Zinksulfat oder unter Berücksichtigung des maximalen Chloridwertes auch 1,36 % Zinkchlorid. Zinkchlorid und/oder –sulfat liegen möglicherweise oberhalb der Berücksichtigungsgrenze vor, nicht aber oberhalb der Konzentrationsgrenzwerte.

Der maximale Eisensulfatgehalt beträgt theoretisch 13,1 %. Bei Rückständen aus Verbrennungsprozessen ist davon auszugehen, dass Eisen elementar oder durch Oxidation größtenteils als Hämatit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) aber auch als Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) vorliegt. Das Vorliegen von Eisensulfat oberhalb der Berücksichtigungsgrenze wird an dieser Stelle über die Abfallgenese ausgeschlossen. Eine Einstufung über Gesamtgehalte ergibt sich damit nicht.

#### H5 „gesundheitsschädlich“

Als gesundheitsschädlich sind Stoffe und Zubereitungen, die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung Gesundheitsgefahren von beschränkter Tragweite hervorrufen können einzustufen. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 1 Gewichts-%.

**Tabelle 20: Elemente in Kesselstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „gesundheitsschädlich“**

Element	Einheit	Maximaler Messwert	Einzustufende Verbindung
Blei	mg/kg TS	12.100	Bleiverbindungen, Xn und R20/22 Konzentrationsgrenzwert 1 %
Zink	mg/kg TS	42.000	Zinkchlorid; Xn und R22 Zinksulfat; Xn und R22 Konzentrationsgrenzwert 25 %
Eisen	mg/kg TS	48.300	Eisensulfat, Xn und R22

Der Messwert für Nickel von maximal 234 mg/kg TS überschreitet die Berücksichtigungsgrenze für Nickeldichromat. Die maximale ermittelte Menge an Chrom von 232 mg/kg TS schließt ein Vorliegen von Nickeldichromat oberhalb der Berücksichtigungsgrenze aus.

Das Vorliegen von Zinkchlorid und Zinksulfat oberhalb der Berücksichtigungsgrenze kann über die sehr guten Wasserlöslichkeiten der Verbindungen und einem maximalen Zinkwert im Eluat von 656 mg/l (entspricht 1,36 % Zinkchlorid oder 1,62 % Zinksulfat) nicht ausgeschlossen werden.

Der maximale Eisensulfatgehalt betrüge theoretisch 13,1 %. Bei Rückständen aus Verbrennungsprozessen ist davon auszugehen, dass Eisen durch Oxidation größtenteils dreiwertig vorliegt z. B. als Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Das Vorliegen von Eisensulfat oberhalb der Berücksichtigungsgrenze wird an dieser Stelle über die Abfallgenese ausgeschlossen.

Eine Überschreitung der Konzentrationsgrenzwert für das Merkmal „gesundheitsschädlich“ ergibt sich aus der Summe der als sehr giftig, giftig und gesundheitsschädliche einzustufenden Einzelverbindungen. (Das Vorliegen sehr giftiger und giftiger Verbindungen oberhalb ihrer Berücksichtigungsgrenze wurde unter „H6“ ausgeschlossen.)

#### Gleichung 1

$$\sum \left( \frac{P_{T+}}{L_{T+}} + \frac{P_T}{L_T} + \frac{P_{Xn}}{L_{Xn}} \right) \geq 1$$

#### Gleichung 2

$$\sum \left( \frac{1,21}{1} + \frac{1,62}{25} \right) = 1,275 > 1$$

Die Kesselstäube sind demzufolge als „gesundheitsschädlich“ einzustufen. Eine Kennzeichnung muss mit dem Gefahrensymbol „Xn“ und R20/22 erfolgen.

#### H6 „giftig“

Als giftig sind Stoffe und Zubereitungen (einschließlich hochgiftiger Stoffe und Zubereitungen), die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung schwere, akute oder chronische Gesundheitsgefahren oder sogar den Tod verursachen können, einzustufen. Die Berücksichtigungsgrenze für Stoffe, die als giftig oder sehr giftig einzustufen sind beträgt 0,1 Gewichts-%.

Die untersuchten Kesselstäube überschreiten die Berücksichtigungsgrenzen für die kritischen Bindungsformen bei folgenden Elementen:

**Tabelle 21: Elemente in Kesselstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „giftig“ „sehr giftig“**

Element	Einheit	Maximaler Messwert	Einzustufende Verbindung
Blei	mg/kg TS	12.100	Bleihydrogenarsenat; T und R23/25
Nickel	mg/kg TS	234	Nickeldichromat; T und R48/23
Zink	mg/kg TS	42.000	Zinkphosphid; T+ und R28
Zinn	mg/kg TS	771	Nickelstannat; T und R48/23

Nickeldichromat ist kennzeichnungspflichtig mit T, R48/23 ab 1 %. Ab 0,1 % (213,67 mg/kg Ni) erfolgt die Kennzeichnung mit Xn; R48/20. Die maximale ermittelte Menge an Chrom von 232 mg/kg TS schließt ein Vorliegen von Nickeldichromat oberhalb der Berücksichtigungsgrenze aus.

Zink ist mit T+; R28 kennzeichnungspflichtig als Zinkphosphid. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 0,1 % für die Verbindung. (Zn = 760 mg/kg). Der Abfall wäre über den Gehalt an Zink nur dann einzustufen, wenn es als Zinkphosphid (ZnP<sub>3</sub>) vorläge. Das Vorliegen von Zinkphosphid kann mit Sicherheit ausgeschlossen werden,

da sich Zinkphosphid leicht zersetzt und bei der Prüfung auf Reaktivität mit Wasser kein positiver Befund auf Phosphin ermittelt wurde.

Das Vorliegen von Bleihydrogenarsenat oberhalb der Berücksichtigungsgrenze ist über den Gehalt an Arsen auszuschließen.

Das Vorliegen von Nickelstannat oberhalb der Berücksichtigungsgrenze kann über den Gesamtgehalt an Nickel ausgeschlossen werden.

Eine Einstufung für das Gefährlichkeitsmerkmal „giftig“ oder „sehr giftig“ ergibt sich damit über die geprüften Verbindungen, die die R-Sätze 23, 24, 25, 26, 27, 28 in Verbindung mit R39 sowie R48 erfüllen, nicht. Eine Kennzeichnungspflicht mit T als „giftig“ ergibt sich dennoch, weil das Gefährlichkeitsmerkmal „reproduktionstoxisch“ als erfüllt gilt. (siehe unter „H10“)

### **H7 „krebserzeugend“**

Als krebserzeugend sind Stoffe und Zubereitungen (einschließlich hochgiftiger Stoffe und Zubereitungen), die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung Krebs erzeugen oder dessen Häufigkeit erhöhen können, einzustufen. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 0,1 Gewichts-% für die Kategorien 1 und 2 und bei 1 Gewichts-% für Stoffe der Kategorie 3. Die Berücksichtigungsgrenzen sind bei Vorliegen der aufgeführten Verbindungen für folgende Elementen formal überschritten:

**Tabelle 22: Elemente in Kesselstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „krebserzeugend“**

<b>Element</b>	<b>Einheit</b>	<b>Maximaler Messwert</b>	<b>Einzustufende Verbindung</b>
Blei	mg/kg TS	12.100	Bleichromat; Carc. Cat. 2 und R45 Bleihydrogenarsenat; Carc. Cat. 1 und R45
Nickel	mg/kg TS	234	Nickeldichromat, Carc. Cat. 1 und R49
Zinn	mg/kg TS	771	Nickelstannat; Carc. Cat. 1 und R49

Das Vorliegen von Bleihydrogenarsenat wurde schon unter „H6“ ausgeschlossen. Bleichromat enthält stöchiometrisch 161 mg/kg TS Chrom. Dieser Wert wird erreicht.

Der Maximalwert (Mittelwert) für Chrom ges. in den Rohschlacken der MVA beträgt 283 mg/kg TS. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich Bleichromat bei den Temperaturen der Verbrennung zersetzt. Von einem Vorliegen der Verbindung oberhalb der Berücksichtigungsgrenze muss daher nicht ausgegangen werden.

Nickel als Nickeldichromat ist ebenso kennzeichnungspflichtig mit T, R48/23 ab 1 % und ab 0,1% (387,9mg/kg Ni) mit X<sub>n</sub>; R48/20. Das Vorliegen von Nickelchromaten wurde unter H6 ebenso wie das Vorliegen von Nickelstannat diskutiert und ausgeschlossen. Eine Einstufung als Carc. Cat. 1,2 oder 3 erfolgt daher nicht.

### **H8 „ätzend“**

Als ätzend sind diejenigen Stoffe und Zubereitungen zu kennzeichnen, die bei Berührung mit lebendem Gewebe zerstörend auf diese einwirken können.

Die Berücksichtigungsgrenze für ätzende Stoffe liegt bei 1 %. Diese wird von den Elementen Blei und Zink überschritten. Unter „H5“ wurde diskutiert, dass das Vorliegen von bis zu 1,36 % Zinkchlorid nicht ausgeschlossen werden kann. Dieses ist als „ätzend“ und R34 eingestuft und hat eine Konzentrationsgrenzwert von 10 %, die hier nicht überschritten wird.

Für Abfälle deren detaillierte Zusammensetzung bezüglich vorhandener Bindungsformen in aller Regel nicht bekannt ist, kann der pH-Wert in Verbindung mit der alkalischen Reserve nach YOUNG für die Einstufung verwendet werden. Das Verfahren ist unter H4 „reizend“ erläutert.

Kesselstäube weisen regelmäßig pH-Werte unterhalb von 11,5 auf und sind nicht als „ätzend“ einzustufen. Eine Einstufung als „ätzend“ erfolgt nicht.

### **H9 „Infektiös“**

(Siehe Hinweise unter 7.1)

### **H10 „fortpflanzungsgefährdend“ (reproduktionstoxisch)**

Fortpflanzungsgefährdend sind Stoffe und Zubereitungen, die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung nichterbliche angeborene Missbildungen hervorrufen oder ihre Häufigkeit erhöhen können. Die Berücksichtigungsgrenze für fortpflanzungsgefährdende Stoffe Repr. Cat. 1 und 2 liegt bei 0,1 %, für Repr. Cat. 3 bei 1 %.

**Tabelle 23: Elemente in Kesselstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „reproduktionstoxisch“**

<b>Element</b>	<b>Einheit</b>	<b>Maximaler Messwert</b>	<b>Einstufende Verbindung</b>
Blei	mg/kg TS	12.100	Bleiverbindungen; Repr. Cat. 1 und R61 Repr. Cat. 3 und R62
Nickel	mg/kg TS	234	Nickeldichromat; Repr. Cat. 2 und R61
Bor	mg/kg TS	707	Borsäure; Rep. Cat. 2 und R60-61 Boroxid; Repr. Cat. 2; R60-61 Natriumtetraborat; Repr. Cat. 2; R60-61

Der vorliegende Abfall ist durch das Überschreiten des Konzentrationsgrenzwertes schon allein durch Blei und seine Verbindungen als „reproduktionstoxisch“ Repr. Cat. 1 und R61 einzustufen. Eine Kennzeichnung erfolgt mit dem Gefahrensymbol T „giftig“.

### **H11 „mutagen“, H12 „giftige Gase abscheidend bei Berührung mit Wasser“**

(Siehe Hinweise unter 7.1)

### **H13 „sensibilisierend“**

Stoffe und Zubereitungen, die bei Einatmen oder Hautdurchdringung eine Überempfindlichkeit hervorrufen können, so dass bei künftiger Exposition gegenüber dem Stoff oder der Zubereitung charakteristische Störungen auftreten. Die Möglichkeit einer Sensibilisierung bei Einatmen besteht bei Stoffen, die mit R42 gekennzeichnet sind und bei Hautkontakt bei Stoffen, die mit R43 gekennzeichnet sind. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 1 %.

**Tabelle 24: Elemente in Kesselstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „sensibilisierend“**

<b>Element</b>	<b>Einheit</b>	<b>Maximaler Messwert</b>	<b>Einstufende Verbindung</b>
Nickel	mg/kg TS	234	Nickeldichromat, Nickelsulfat, Nickelchlorid, Nickelnitrat; R42/43 Konzentrationsgrenzwert 0,01 % R42



Nickeldichromat wurde schon unter H6 ausgeschlossen. Das Vorliegen der Nickelsalze in Konzentrationen, die zu einer Einstufung als „sensibilisierend“ führt, kann ausgeschlossen werden, da diese Verbindungen sehr gut wasserlöslich sind. Der maximal im Eluat gefundenen Wert für Nickel beträgt 0,237 mg/l. Das Vorliegen dieser kennzeichnungspflichtigen Nickelverbindungen oberhalb der Berücksichtigungsgrenze kann über die Löslichkeiten und Zersetzung der Chromate ausgeschlossen werden. Das Kriterium H13 gilt hier nicht als erfüllt. Eine Einstufung als „sensibilisierend“ erfolgt nicht.

#### H14 „ökotoxisch“

Abfälle, die unmittelbare oder mittelbare Gefahren für einen oder mehrere Umweltbereiche darstellen oder darstellen können.

Die Berücksichtigungsgrenze für Inhaltsstoffe, die zu einer Einstufung als „ökotoxisch“ führen liegt bei 0,1% bei einer Gefährlichkeit für die Umwelt oder Ozon und einer Kennzeichnung mit N und bei 1% bei einer Gefährlichkeit für die Umwelt (R52-53).  
Nachfolgend ist eine Tabelle aufgeführt, die die Verbindungen enthält, die bei den untersuchten Kesselstäuben zu berücksichtigen bzw. zu diskutieren sind.

**Tabelle 25: Für die Einstufung als ökotoxisch zu berücksichtigende Verbindungen (nur Stoffe, deren Elemente über der Berücksichtigungsgrenze für die Verbindung liegen)**

Stoff	Kennzeichnung	Berücksichtigungsgrenze in mg/kg	Bemerkung
<b>Blei u. seine Verbindungen</b>	<b>N; R50-53</b>	<b>1.000 Pb</b>	<b>zu berücksichtigen</b>
Nickeldichromat	N; R50-53 25% N;R51-53 2,5% R52-53 0,25%	Ni 213,67 aber 378,61 Cr	Ausgeschlossen über Chrom
Kupferchlorid	N; R50-53	641,88 Cu	Ausgeschlossen über lösliches Cu <0,5 mg/l (Löslichkeit 99g/l)
Kupfersulfat	N; R50-53	398,13 Cu	Ausgeschlossen über lösliches Cu <0,5 mg/l (Löslichkeit 159,61g/l)
<b>Kupfer(I)oxid</b>	<b>N: R50-53</b>	<b>887,5 Cu</b>	<b>zu berücksichtigen,</b>
<b>Zinkchlorid</b>	<b>N; R50-53</b>	<b>479,7 Zn</b>	<b>zu berücksichtigen,</b>
<b>Zinksulfat</b>	<b>N; R50-53</b>	<b>405,1 Zn</b>	<b>alternativ zu Zinkchlorid zu berücksichtigen,</b>
<b>Zinkoxid</b>	<b>N; R50-53</b>	<b>803,4 Zn</b>	<b>zu berücksichtigen,</b>

Zu berücksichtigen bleiben für die Einstufung der Umweltgefährlichkeit folgende Analysenergebnisse:

**Tabelle 26: Maximalwerte der Blei-, Kupfer- und Zink-Gesamtgehalte der Kesselstäube**

	Einheit	Maximalwert der Kesselstäube
Blei	mg/kg TS	12.100
Kupfer	mg/kg TS	2.180
Zink	mg/kg TS	42.000

Da allein der Messwert für Blei von 12.100 mg/kg TS die Konzentrationsgrenzwert für die gefährliche Eigenschaft „ökotoxisch“ überschreitet, wird der Abfall als „ökotoxisch“ eingestuft und mit „N“ und R50-53 gekennzeichnet.

#### Biotests

Zusätzlich zu den Bestimmungen der Gesamtgehalte im Feststoff wurden Biotests durchgeführt, wobei die Ökotoxizität gegenüber Wasserorganismen über das Eluat geprüft wurde. Eine Toxizität gegenüber Algen scheint in keinem Fall zu bestehen. Eine Korrelation der Ergebnisse der Hemmung der Leuchtbakterien mit den Ergebnissen für Zink und Cadmium im Eluat ist deutlich erkennbar. Substanzen, die mit R59 – Schädigung der Ozonschicht einzustufen wären, wurden nicht nachgewiesen. Mit der Kennzeichnungspflicht mit N und R50-53 erfolgt eine Einstufung als „ökotoxisch“.

#### **H15 „nach Beseitigung können z. B. gefährliche Auslaugungsprodukte entstehen“**

Abfälle, die nach der Beseitigung auf irgendeine Weise die Entstehung eines anderen Stoffes bewirken können, z. B. ein Auslaugungsprodukt, das eine der oben genannten Eigenschaften aufweist.

Ein Gasbildungspotential wurde nicht festgestellt. Weder von einem nennenswerten Oxidationspotential noch von Reduktionspotential ist auszugehen. Eine Alkalität, die als reaktiv eingestuft werden muss, ist hier nicht gegeben.

Die Auslaugbarkeit ökotoxischer Verbindungen aus Kesselstäuben ist aber gegeben. Cadmium- und Zinkverbindungen (z. B. Zinkchlorid bzw. Zinksulfat oder auch Zinkoxid) sind in den Kesselstäuben in hohen Konzentrationen wasserverfügbar. Das Kriterium „H15“ ist erfüllt.

#### **Ergebnis:**

**Die chemischen Untersuchungen im Feststoff und Eluat ergaben nach Interpretation möglicher Bindungsformen Hinweise auf das Vorliegen von gefährlichen Eigenschaften nach RL 2008/98/EG bzw. AVV.**

**Tabelle 27: Einstufung der Kesselstäube**

<b>Gefährlichkeitsmerkmal</b>	<b>Gefahrenbezeichnung</b>	<b>R-Sätze</b>
H5 „gesundheitsschädlich“	Xn – gesundheitsschädlich	R 20/22
H10 „reproduktionstoxisch“ Cat. 1	T – giftig	R 61
H 14 „ökotoxisch“	N – umweltgefährlich	R 50-53
H15 Die Entstehung eines gefährlichen Stoffs durch Auslaugung ist möglich.		

**Diese Kesselstäube sind dem Abfallschlüssel 190115\* zuzuordnen.**

### **7.5 Einstufung von Filterstäuben aus Müllverbrennungsanlagen**

**H1 „explosiv“, H2 „brandfördernd“**  
(Siehe Hinweise unter 7.1)

#### **H3-A „leicht entzündbar“**

Einzustufen sind Stoffe und Zubereitungen in flüssiger Form mit einem Flammpunkt unter 21°C oder Stoffe und Zubereitungen, die sich bei Raumtemperatur an der Luft ohne Energiezufuhr erhitzen und schließlich entzünden können oder feste Stoffe und Zubereitungen, die sich durch kurzzeitigen Kontakt mit einer Zündquelle leicht entzünden

und nach deren Entfernung weiter brennen oder weiterglimmen oder unter Normaldruck an der Luft entzündbare gasförmige Stoffe und Zubereitungen. Diese Eigenschaften werden durch den Verbrennungsprozess beseitigt.

Weiterhin sind Stoffe und Zubereitungen, die bei Berührung mit Wasser oder feuchter Luft hochentzündliche Gase (z. B. Wasserstoff) in gefährlichen Mengen (>1 Liter pro kg und Stunde) entwickeln, als leicht entzündbar einzustufen. Diese Eigenschaft kann prinzipiell auch in Filterstäuben aus Verbrennungsprozessen auftreten, wenn mitgerissene Leichtmetallbestandteile (z. B. Aluminium) in feinteiliger metallischer Form enthalten sind. Der Zutritt von Wasser führt dann zur Umsetzung des Metalls zum Metallhydroxid unter Freisetzung von Wasserstoff. Das lässt sich durch die durchgeführten qualitativen Prüfungen belegen. Das maximal ermittelte Gasbildungspotential wurde mit 0,88 l/kg TS bestimmt, was rechnerisch einer Menge an Aluminium metallisch von weniger als 0,1 % entspricht. Die Bildung signifikanter Mengen an Gasen wurde somit nicht nachgewiesen. Daher sind auch die untersuchten MVA-Filterstäube in keinem Fall mit H3-A einzustufen.

### **H3-B „entzündbar“**

(Siehe Hinweise unter 7.1)

### **H4 „reizend“**

Reizend sind nicht ätzende Stoffe und Zubereitungen, die bei unmittelbarer, länger dauernder oder wiederholter Berührung mit der Haut oder den Schleimhäuten eine Entzündungsreaktion hervorrufen können. Die Berücksichtigungsgrenze für Stoffe, die als „reizend“ zu kennzeichnen sind, liegt bei 1 Gewichts-%.

**Tabelle 28: Elemente in MVA- Filterstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „reizend“**

<b>Element</b>	<b>Einheit</b>	<b>Maximaler Messwert</b>	<b>Einstufende Verbindung</b>
Zink	mg/kg TS	10.500	Zinkchlorid; Xi und R36/37/38 Zinksulfat; Xi und R41 Konzentrationsgrenzwert 5%
Eisen	mg/kg TS	8.060	Eisensulfat, Xi und R36/38 Konzentrationsgrenzwert 20%

Die MVA -Filterstäube überschreiten den Wert der Berücksichtigungsgrenze für Zink. Einstufen mit Xi; R36/37/38 wäre ein Abfall, wenn der analytisch gefundene Wert für Zink auf Zinkchlorid zurückzuführen wäre. Zinkchlorid hat wie auch Zinksulfat eine Konzentrationsgrenzwert als „reizend“ von 5%. Zinkchlorid hat eine Wasserlöslichkeit von 4.300 g/l. Der im wässrigen Auszug gefundene Maximalwert für Zink beträgt für die MVA-Filterstäube 7,31 mg/l. Dies entspricht deutlich weniger als 0,1 % Zinksulfat oder Zinkchlorid im Abfall. Zinkchlorid und/oder -sulfat liegen also unterhalb der Berücksichtigungsgrenze vor. Eisen liegt in MVA- Filterstäuben überwiegend als Eisenoxid vor (Hämatit, Magnetit). Ein Vorliegen von Eisensulfat oberhalb des Konzentrationsgrenzwertes ist weiterhin über den Gesamtgehalt Eisen auszuschließen.

Ermittelt wurde weiterhin Calciumchlorid mit einem Gehalt von bis zu 23,6 Masse-%, so dass „reizend“ mit R36 einzustufen ist. Damit sind die Abfälle als „reizend“ einzustufen.

### **H5 „gesundheitsschädlich“**

Als gesundheitsschädlich sind Stoffe und Zubereitungen, die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung Gesundheitsgefahren von beschränkter Tragweite hervorrufen können einzustufen. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 1 Gewichts-%.

**Tabelle 29: Elemente in MVA-Filterstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „gesundheitsschädlich“**

Element	Einheit	Maximaler Messwert	Einstufende Verbindung
Zink	mg/kg TS	10.500	Zinkchlorid; Xn und R22 Zinksulfat; Xn und R22 Konzentrationsgrenzwert 25 %
Eisen	mg/kg TS	8.060	Eisensulfat, Xn und R22

Das Vorliegen von Zinkchlorid, Zinksulfat und Eisensulfat konnte unter H4 „reizend“ ausgeschlossen werden.

Eine Überschreitung der Konzentrationsgrenzwert für das Merkmal „gesundheitsschädlich“ ergibt sich aus der Summe der als sehr giftig, giftig und gesundheitsschädliche einzustufenden Einzelverbindungen. Das Vorliegen sehr giftiger und giftiger Verbindungen oberhalb ihrer Berücksichtigungsgrenze wird unter „H6“ ausgeschlossen. Die MVA -Filterstäube sind demzufolge nicht als „gesundheitsschädlich“ einzustufen.

### H6 „giftig“

Als giftig sind Stoffe und Zubereitungen (einschließlich hochgiftiger Stoffe und Zubereitungen), die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung schwere, akute oder chronische Gesundheitsgefahren oder sogar den Tod verursachen können, einzustufen. Die Berücksichtigungsgrenze für Stoffe, die als giftig oder sehr giftig einzustufen sind beträgt 0,1 Gewichts-%.

Die untersuchten Stäube überschreiten die Berücksichtigungsgrenzen für die kritischen Bindungsformen bei folgenden Elementen:

**Tabelle 30: Elemente in MVA-Filterstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „giftig“, „sehr giftig“**

Element	Einheit	Maximaler Messwert	Einstufende Verbindung
Blei	mg/kg TS	2.620	Bleihydrogenarsenat; T und R23/25
Zink	mg/kg TS	10.500	Zinkphosphid; T+ und R28

Zink ist mit T+; R28 kennzeichnungspflichtig als Zinkphosphid. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 0,1% für die Verbindung. (Zn = 760 mg/kg).

Der Abfall wäre über den Gehalt an Zink nur dann einzustufen, wenn es als Zinkphosphid (ZnP<sub>3</sub>) vorläge. Das Vorliegen von Zinkphosphid konnte über die qualitative Prüfung der Gasbildung und Prüfung auf Phosphin ausgeschlossen werden.

Das Vorliegen von Bleihydrogenarsenat oberhalb der Berücksichtigungsgrenze ist über den Gehalt an Arsen (maximal 15 mg/kg TS) auszuschließen.

Eine Einstufung für das Gefährlichkeitsmerkmal „giftig“ oder „sehr giftig“ ergibt sich damit über die geprüften Verbindungen, die die R-Sätze 23, 24, 25, 26, 27, 28 in Verbindung mit R39 sowie R48 erfüllen, nicht.

### H7 „krebserzeugend“

Als krebserzeugend sind Stoffe und Zubereitungen (einschließlich hochgiftiger Stoffe und Zubereitungen), die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung Krebs erzeugen oder dessen Häufigkeit erhöhen können, einzustufen. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 0,1 Gewichts-% für die Kategorien 1 und 2 und bei 1 Gewichts-% für Stoffe der Kategorie 3.

Die Berücksichtigungsgrenzen sind bei Vorliegen der aufgeführten Verbindungen für folgende Elementen formal überschritten:

**Tabelle 31: Elemente in MVA-Filterstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „krebserzeugend“**

Element	Einheit	Maximaler Messwert	Einzustufende Verbindung
Blei	mg/kg TS	2.620	Bleichromat; Carc. Cat. 2 und R45 Bleihydrogenarsenat; Carc. Cat. 1 und R45

Das Vorliegen von Bleihydrogenarsenat wurde schon unter „H6“ ausgeschlossen. Bleichromat enthält stöchiometrisch 161 mg/kg TS Chrom. Dieser Wert wird nicht erreicht.

Es ist nicht vom Vorliegen der Verbindung oberhalb der Berücksichtigungsgrenze auszugehen. Eine Einstufung als „krebserzeugend“ erfolgt daher nicht.

### **H8 „ätzend“**

Als ätzend sind diejenigen Stoffe und Zubereitungen zu kennzeichnen, die bei Berührung mit lebendem Gewebe zerstörend auf diese einwirken können. Die Berücksichtigungsgrenze für ätzende Stoffe liegt bei 1 %. Diese wird von dem Element Zink überschritten. Unter „H4“ wurde diskutiert, dass das Vorliegen von Zinkchlorid ausgeschlossen werden kann. Dieses ist als „ätzend“ und R34 eingestuft und hat einen Konzentrationsgrenzwert von 10 %.

Für Abfälle deren detaillierte Zusammensetzung bezüglich vorhandener Bindungsformen in aller Regel nicht bekannt ist, wird im Regelfall der pH-Wert in Verbindung mit der alkalischen Reserve nach YOUNG für die Einstufung verwendet.

Die alkalische Reserve beträgt maximal 40,4. In Verbindung mit dem maximalen pH-Wert von 12,1 ergibt sich ein Prüfwert für eine Kennzeichnung als ätzend von 15,47, welcher deutlich über dem Konzentrationsgrenzwert bei 14,5 liegt.

Eine Einstufung als „ätzend“ und R34 ist daher erforderlich.

Die über die alkalische Reserve bestimmte Menge NaOH- Äquivalent als CaO-Äquivalent ausgedrückt, ergibt einen Gehalt an freiem CaO von 28,3 Masse-% TS. Ein Abfall ist nach AVV § 3 Abs. 2 als gefährlicher Abfall einzustufen, wenn er mehr als 5% eines oder mehrerer nach R34 ätzenden Stoffe enthält. Das ist hier erfüllt.

### **H9 „infektiös“**

(Siehe Hinweise unter 7.1)

### **H10 „fortpflanzungsgefährdend“ (reproduktionstoxisch)**

Fortpflanzungsgefährdend sind Stoffe und Zubereitungen, die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung nichterbliche angeborene Missbildungen hervorrufen oder ihre Häufigkeit erhöhen können.

Die Berücksichtigungsgrenze für fortpflanzungsgefährdende Stoff Repr. Cat. 1 und 2 liegt bei 0,1 %, für Repr. Cat. 3 bei 1 %.

**Tabelle 32: Elemente in MVA-Filterstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „reproduktionstoxisch“**

Element	Einheit	Maximaler Messwert	Einzustufende Verbindung
Blei	mg/kg TS	2.620	Bleiverbindungen; Repr Cat 1 und R61 Repr Cat 3 und R62
Bor	mg/kg TS	208	Borsäure; Rep Cat 2 und R60-61 Boroxid; Repr Cat 2; R60-61 Natriumtetraborat; Repr Cat 2; R60-61

Die MVA- Filterstäube überschreiten die Konzentrationsgrenzwerte nicht und sind demnach nicht als „reproduktionstoxisch“ einzustufen.

**H11 „mutagen“, H12 „giftige Gase abscheidend bei Berührung mit Wasser“, H13 „sensibilisierend“**

(Siehe Hinweise unter 7.1)

**H14 „ökotoxisch“**

Ökotoxisch sind Abfälle, die unmittelbare oder mittelbare Gefahren für einen oder mehrere Umweltbereiche darstellen oder darstellen können. Die Berücksichtigungsgrenze für Inhaltsstoffe, die zu einer Einstufung als „ökotoxisch“ führen liegt bei 0,1 % bei einer Gefährlichkeit für die Umwelt oder Ozon und einer Kennzeichnung mit N und bei 1 % bei einer Gefährlichkeit für die Umwelt (R52-53).

Nachfolgend ist eine Tabelle aufgeführt, die die Verbindungen enthält, die bei den untersuchten MVA -Filterstäube zu berücksichtigen bzw. zu diskutieren sind.

**Tabelle 33: Für die Einstufung als ökotoxisch zu berücksichtigende Verbindungen (nur Stoffe, deren Elemente über der Berücksichtigungsgrenze für die Verbindung liegen)**

Stoff	Kennzeichnung	Berücksichtigungsgrenze in mg/kg	Bemerkung
<b>Blei u. seine Verbindungen</b>	<b>N; R50-53</b>	<b>1.000 Pb</b>	<b>zu berücksichtigen</b>
Kupferchlorid	N; R50-53	641,9 Cu	Ausgeschlossen über lösliches Cu < 0,5 mg/l (Löslichkeit 99g/l)
Kupfersulfat	N; R50-53	398,1 Cu	Ausgeschlossen über lösliches Cu < 0,5 mg/l (Löslichkeit 159,61 g/l)
<b>Kupfer(I)oxid</b>	<b>N: R50-53</b>	<b>887,5 Cu</b>	<b>zu berücksichtigen,</b>
<b>Zinkchlorid</b>	<b>N; R50-53</b>	<b>479,7 Zn</b>	<b>zu berücksichtigen,</b>
Zinksulfat	N; R50-53	405,1 Zn	alternativ zu Zinkchlorid zu berücksichtigen,
<b>Zinkoxid</b>	<b>N; R50-53</b>	<b>803,4 Zn</b>	<b>zu berücksichtigen,</b>

Zu berücksichtigen bleiben für die Einstufung der Umweltgefährlichkeit folgende Analysenergebnisse:

**Tabelle 34: Maximalwerte der Blei-, Kupfer- und Zink-Gesamtgehalte in MVA-Filterstäuben**

	Einheit	Maximalwert der Kesselstäube
Blei	mg/kg TS	2.620
Kupfer	mg/kg TS	1.270
Zink	mg/kg TS	10.500

Da allein der Messwert für Blei von 2.620 mg/kg TS die Konzentrationsgrenzwert für die gefährliche Eigenschaft „ökotoxisch“ überschreitet, wird der Abfall als „ökotoxisch“ eingestuft und mit „N“ und R50-53 gekennzeichnet.

Biotests

Zusätzlich zu den Bestimmungen der Gesamtgehalte im Feststoff wurden Biotests durchgeführt, wobei die Ökotoxizität gegenüber Wasserorganismen über das Eluat geprüft wurde. Eine Toxizität gegenüber Algen ist andeutungsweise erkennbar. Die Ergebnisse der Leuchtbakterientests sind stark schwankend. Ohne Einbezug der Ergebnisse der Biotests ergibt sich eine Einstufung als „ökotoxisch“ mit N und R50-53.

**H15 „nach Beseitigung können z. B. gefährliche Auslaugungsprodukte entstehen“**

Abfälle, die nach der Beseitigung auf irgendeine Weise die Entstehung eines anderen Stoffes bewirken können, z. B. ein Auslaugungsprodukt, das eine der oben genannten Eigenschaften aufweist. Wegen der hohen Alkalität muss der Abfall als reaktiv eingestuft werden. Das Kriterium „H15“ wird als erfüllt angesehen.

**Ergebnis:**

**Die chemischen Untersuchungen im Feststoff und Eluat ergaben nach Interpretation möglicher Bindungsformen Hinweise auf das Vorliegen von gefährlichen Eigenschaften nach RL 2008/98/EG bzw. AVV.**

**Tabelle 35: Einstufung der MVA- Filterstäube**

Gefährlichkeitsmerkmal	Gefahrenbezeichnung	R-Sätze
H4 „reizend“	Xi –reizend	R 63
H8 „ätzend“	C –ätzend	R 34
H14 „ökotoxisch“	N umweltgefährlich	R 50-53
H15 Die Entstehung eines gefährlichen Stoffs durch Auslaugung ist möglich.		

**Die Filterstäube sind dem AS 190107\* zuzuordnen.**

**7.6 Einstufung von Filterkuchen bzw. festen Abfällen aus der Abgasbehandlung aus EBS-Kraftwerken**

**H1 „explosiv“, H2 „brandfördernd“, H3-A „leicht entzündbar“, H3-B „entzündbar“**

(Siehe Hinweise unter 7.1)

**H4 „reizend“**

Reizend sind nicht ätzende Stoffe und Zubereitungen, die bei unmittelbarer, länger dauernder oder wiederholter Berührung mit der Haut oder den Schleimhäuten eine

Entzündungsreaktion hervorrufen können. Die Berücksichtigungsgrenze für Stoffe, die als „reizend“ zu kennzeichnen sind, liegt bei 1 Gewichts-%.

**Tabelle 36: Maximale Elementgehalte in Filterstäuben aus EBS-Kraftwerken**

Element	Einheit	Maximaler Messwert	Einstufende Verbindung
Zink	mg/kg TS	34.900	Zinkchlorid; Xn und R22 Zinksulfat; Xn und R22 Konzentrationsgrenzwert 25 %
Eisen	mg/kg TS	11.400	Eisensulfat, Xn und R22

Die untersuchten Reststoffe aus der EBS-Verbrennung überschreiten den Wert der Berücksichtigungsgrenze für Zink und Eisen. Einstufen mit Xi; R36/37/38 wäre ein Abfall, wenn der analytisch gefundene Wert für Zink auf Zinkchlorid zurückzuführen wäre. Zinkchlorid hat wie auch Zinksulfat eine Konzentrationsgrenzwert als „Reizend“ von 5 %. Zinkchlorid hat eine Wasserlöslichkeit von 4.300 g/l. Der im wässrigen Auszug gefundene Maximalwert für Zink beträgt für die staubförmigen Rückstände aus der EBS-Verbrennung 4,18 mg/l. Zinksulfat oder Zinkchlorid liegen also unterhalb der Berücksichtigungsgrenze vor.

Bei Rückständen aus Verbrennungsprozessen ist davon auszugehen, dass Eisen elementar oder durch Oxidation größtenteils als Hämatit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) aber auch als Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) vorliegt. Das Vorliegen von Eisensulfat oberhalb der Berücksichtigungsgrenze wird an dieser Stelle über die Abfallgenese ausgeschlossen.

Ermittelt wurde weiterhin Calciumchlorid mit 29,6 Masse-% TS, so dass als „reizend“ mit R36 einzustufen ist.

Die Extrem-pH-Wertregelung gemäß RL 67/548/EWG definiert die Regelvermutung ätzender Eigenschaften, sofern ein Stoff oder eine Zubereitung einen pH-Wert  $> 11,5$  bzw.  $< 2$  aufweist. Staubförmige Reststoffe aus Verbrennungen weisen regelmäßig pH-Werte oberhalb von 11,5 auf und sind daher als „reizend“ einzustufen. Eine Ausnahme stellt der Filterstaub einer Anlage dar, wo nach Anwendung des NEUTREC -Verfahrens bei der Rauchgasreinigung pH-Werte unterhalb 11,5 erreicht werden.

#### **H5 „gesundheitsschädlich“**

Als gesundheitsschädlich sind Stoffe und Zubereitungen, die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung Gesundheitsgefahren von beschränkter Tragweite hervorrufen können einzustufen. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 1 Gewichts-%.

**Tabelle 37: Elemente in EBS -Filterstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „gesundheitsschädlich“**

Element	Einheit	Maximaler Messwert	Einstufende Verbindung
Antimon	mg/kg TS	1.620	Antimonverbindungen Konzentrationsgrenzwert 0,25%
Zink	mg/kg TS	34.900	Zinkchlorid; Xn und R22 Zinksulfat; Xn und R22 Konzentrationsgrenzwert 25%
Eisen	mg/kg TS	11.400	Eisensulfat, Xn und R22

Das Vorliegen von Zinkchlorid, Zinksulfat und Eisensulfat oberhalb der Berücksichtigungsgrenze konnte über die sehr guten Wasserlöslichkeiten der Verbindungen und die Abfallgenese unter H4 „reizend“ ausgeschlossen werden.



Ein niedrigerer Konzentrationsgrenzwert besteht bei Antimon. Der Grenzwert wird nicht erreicht. Bei Kumulation ist der Wert zu berücksichtigen.

Eine Überschreitung des Konzentrationsgrenzwertes für das Merkmal „gesundheitsschädlich“ ergibt sich aus der Summe der als sehr giftig, giftig und gesundheitsschädliche einzustufenden Einzelverbindungen. Das Vorliegen sehr giftiger und giftiger Verbindungen oberhalb ihrer Berücksichtigungsgrenze wird unter „H6“ ausgeschlossen. Die Filterstäube und Filterkuchen sind nicht als „gesundheitsschädlich“ einzustufen.

### H6 „giftig“

Als giftig sind Stoffe und Zubereitungen (einschließlich hochgiftiger Stoffe und Zubereitungen), die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung schwere, akute oder chronische Gesundheitsgefahren oder sogar den Tod verursachen können, einzustufen. Die Berücksichtigungsgrenze für Stoffe, die als giftig oder sehr giftig einzustufen sind beträgt 0,1 Gewichts-%.

Die untersuchten Kesselstäube überschreiten die Berücksichtigungsgrenzen für die kritischen Bindungsformen bei folgenden Elementen:

**Tabelle 38: Elemente in EBS-Filterstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „giftig/sehr giftig“**

Element	Einheit	Maximaler Messwert	Einzustufende Verbindung
Blei	mg/kg TS	5.600	Bleihydrogenarsenat; T und R23/25
Zink	mg/kg TS	34.900	Zinkphosphid; T+ und R28
Zinn	mg/kg TS	1.080	Nickelstannat; T und R48/23

Zink ist mit T+; R28 kennzeichnungspflichtig als Zinkphosphid. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 0,1 % für die Verbindung (Zn = 760 mg/kg).

Der Abfall wäre über den Gehalt an Zink nur dann einzustufen, wenn es als Zinkphosphid (ZnP<sub>3</sub>) vorläge. Das Vorliegen von Zinkphosphid kann mit Sicherheit ausgeschlossen werden, da sich Zinkphosphid leicht zersetzt und bei der Prüfung auf Reaktivität mit Wasser kein positiver Befund auf Phosphin ermittelt wurde.

Das Vorliegen von Bleihydrogenarsenat oberhalb der Berücksichtigungsgrenze ist über den Gehalt an Arsen auszuschließen.

Das Vorliegen von Nickelstannat oberhalb der Berücksichtigungsgrenze kann über den Gesamtgehalt an Nickel ausgeschlossen werden.

Zubereitungen, die Natriumfluorid enthalten sind mit T; R25 einzustufen, wenn der Gehalt > 3 % ist. Natriumfluorid liegt im Filterstaub eines EBS -Kraftwerks mit einem Maximalwert von 0,75 % TS vor.

Eine Einstufung für das Gefährlichkeitsmerkmal „giftig“ oder „sehr giftig“ ergibt sich damit über die geprüften Verbindungen, die die R-Sätze 23, 24, 25, 26, 27, 28 in Verbindung mit R39 sowie R48 erfüllen, nicht. Eine Kennzeichnung mit T als „giftig“ ergibt sich dennoch, weil das Gefährlichkeitsmerkmal „reproduktionstoxisch“ als erfüllt gilt. (siehe unter „H10“).

### H7 „krebserzeugend“

Als krebserzeugend sind Stoffe und Zubereitungen (einschließlich hochgiftiger Stoffe und Zubereitungen), die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung Krebs erzeugen oder dessen Häufigkeit erhöhen können, einzustufen. Die Berücksichtigungsgrenze liegt bei 0,1 Gewichts-% für die Kategorien 1 und 2 und bei 1 Gewichts-% für Stoffe der Kategorie 3.

Die Berücksichtigungsgrenzen sind bei Vorliegen der aufgeführten Verbindungen für folgende Elementen formal überschritten:

**Tabelle 39: Elemente in EBS-Filterstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „krebserzeugend“**

Element	Einheit	Maximaler Messwert	Einstufende Verbindung
Blei	mg/kg TS	5.600	Bleichromat; Carc. Cat. 2 und R45 Bleihydrogenarsenat; Carc. Cat. 1 und R45
Zinn	mg/kg TS	1.080	Nickelstannat; Carc. Cat. 1 und R49

Das Vorliegen von Bleihydrogenarsenat wurde schon unter „H6“ ausgeschlossen. Ebenso ist das Vorliegen von Bleichromat über den Gehalt an Chrom auszuschließen. Es liegt keine Verbindung oberhalb der Berücksichtigungsgrenze vor. Das Vorliegen von Nickelstannat wurde unter H6 diskutiert und ausgeschlossen. Eine Einstufung als krebserzeugend erfolgt daher nicht.

### **H8 „ätzend“**

Als ätzend sind diejenigen Stoffe und Zubereitungen zu kennzeichnen, die bei Berührung mit lebendem Gewebe zerstörend auf diese einwirken können. Die Berücksichtigungsgrenze für ätzende Stoffe liegt bei 1 %. Diese wird von dem Element Zink überschritten. Unter „H4“ wurde diskutiert, dass das Vorliegen von Zinkchlorid ausgeschlossen werden kann.

Für Abfälle deren detaillierte Zusammensetzung bezüglich vorhandener Bindungsformen in aller Regel nicht bekannt ist, wird im Regelfall der pH-Wert in Verbindung mit der alkalischen Reserve nach YOUNG für die Einstufung verwendet.

Filterstäube weisen regelmäßig pH-Werte oberhalb von 11,5 auf. Ausnahme ist der Filterstaub (AVV 190107\*) der EAB Bernburg und von der Einstufung ausgenommen.

Der Filterkuchen einer Abgasbehandlungsanlage weist einen maximalen pH-Wert von 12,5 auf. Die alkalische Reserve wurde mit 21,8 bestimmt. Damit liegt der Prüfwert mit 14,3 unter dem Einstufungswert von 14,5. Von einer Einstufung als „ätzend“ kann abgesehen werden, die Einstufung „reizend“ bleibt bestehen. Eine Einstufung als „ätzend“ erfolgt nicht.

### **H9 „infektiös“**

(Siehe Hinweise unter 7.1)

### **H10 „fortpflanzungsgefährdend“ (reproduktionstoxisch)**

Fortpflanzungsgefährdend sind Stoffe und Zubereitungen, die bei Einatmen, Einnahme oder Hautdurchdringung nichterbliche angeborene Missbildungen hervorrufen oder ihre Häufigkeit erhöhen können. Die Berücksichtigungsgrenze für fortpflanzungsgefährdende Stoff Repr. Cat. 1 und 2 liegt bei 0,1 %, für Repr. Cat. 3 bei 1 %.

**Tabelle 40: Elemente in EBS-Filterstäuben oberhalb der Berücksichtigungsgrenze „reproduktionstoxisch“**

Element	Einheit	Maximaler Messwert	Einstufende Verbindung
Blei	mg/kg TS	5.600	Bleiverbindungen; Repr. Cat. 1 und R61 Repr. Cat. 3 und R62
Bor	mg/kg TS	213	Borsäure; Repr. Cat. 2 und R60-61 Boroxid; Repr. Cat. 2; R60-61 Natriumtetraborat; Repr. Cat. 2; R60-61

Der vorliegende Abfall ist durch das Überschreiten des Konzentrationsgrenzwertes schon allein durch Blei und seine Verbindungen als „reproduktionstoxisch“ Repr. Cat. 1 und R61 einzustufen. Eine Kennzeichnung erfolgt mit dem Gefahrensymbol T „giftig“.

**H11 „mutagen“, H12 „giftige Gase abscheidend bei Berührung mit Wasser“, H13 „sensibilisierend“**

(Siehe Hinweise unter 7.1)

**H14 „ökotoxisch“**

Ökotoxisch sind Abfälle, die unmittelbare oder mittelbare Gefahren für einen oder mehrere Umweltbereiche darstellen oder darstellen können. Die Berücksichtigungsgrenze für Inhaltsstoffe, die zu einer Einstufung als „ökotoxisch“ führen liegt bei 0,1 % bei einer Gefährlichkeit für die Umwelt oder Ozon und einer Kennzeichnung mit N und bei 1 % bei einer Gefährlichkeit für die Umwelt (R52-53).  
Nachfolgend ist eine Tabelle aufgeführt, die die Verbindungen enthält, die bei den untersuchten Filterstäuben zu berücksichtigen bzw. zu diskutieren sind.

**Tabelle 41: Für die Einstufung als ökotoxisch zu berücksichtigende Verbindungen (nur Stoffe, deren Elemente über der Berücksichtigungsgrenze für die Verbindung liegen)**

Stoff	Kennzeichnung	Berücksichtigungsgrenze in mg/kg	Bemerkung
<b>Antimonverbindungen</b>	<b>N; R51-53</b>	<b>1.000 Sb</b>	<b>zu berücksichtigen</b>
<b>Blei u. seine Verbindungen</b>	<b>N; R50-53</b>	<b>1.000 Pb</b>	<b>zu berücksichtigen</b>
Kupferchlorid	N; R50-53	641,9 Cu	Ausgeschlossen über lösliches Cu <0,5 mg/l (Löslichkeit 99g/l)
Kupfersulfat	N; R50-53	398,1 Cu	Ausgeschlossen über lösliches Cu <0,5 mg/l (Löslichkeit 159,61 g/l)
Kupfer(I)oxid	N: R50-53	887,5 Cu	zu berücksichtigen,
Zinkchlorid	N; R50-53	479,7 Zn	Ausgeschlossen über lösliches Zink 4,18 mg/l
Zinksulfat	N; R50-53	405,1 Zn	Ausgeschlossen über lösliches Zink 4,18 mg/l
<b>Zinkoxid</b>	<b>N; R50-53</b>	<b>803,4</b>	<b>zu berücksichtigen</b>

Zu berücksichtigen bleiben für die Einstufung der Umweltgefährlichkeit folgende Analysenergebnisse:

**Tabelle 42: Maximalwerte der Blei-, Kupfer- und Zink-Gesamtgehalte**

	Einheit	Maximalwert der Kesselstäube
Antimon	mg/kg TS	1.620
Blei	mg/kg TS	5.600
Kupfer	mg/kg TS	2.860
Zink	mg/kg TS	34.900

Da allein der Messwert für Blei von 5.600 mg/kg TS die Konzentrationsgrenzwert für die gefährliche Eigenschaft „Ökotoxisch“ überschreitet, wird der Abfall als „ökotoxisch“ eingestuft und mit „N“ und R50-53 gekennzeichnet.

#### Biotests

Zusätzlich zu den Bestimmungen der Gesamtgehalte im Feststoff wurden Biotests durchgeführt, wobei die Ökotoxizität gegenüber Wasserorganismen über das Eluat geprüft wurde. Eine deutliche Toxizität gegenüber Algen scheint demnach in keinem Fall zu bestehen. Eine signifikante Hemmung der Leuchtbakterien tritt sporadisch auf. Die Ergebnisse sind in der Aussage zwischen „nicht ökotoxisch“ und „ökotoxisch“ schwankend und insofern eher inkonsistent. Ohne Einbezug der Ergebnisse der Biotests ergibt sich eine Einstufung als „ökotoxisch“ mit N und R50-53.

#### **H15 „nach Beseitigung können z. B. gefährliche Auslaugungsprodukte entstehen“**

Abfälle, die nach der Beseitigung auf irgendeine Weise die Entstehung eines anderen Stoffes bewirken können, z. B. ein Auslaugungsprodukt, das eine der oben genannten Eigenschaften aufweist.

Der Maximalgehalt an auslaugbarem und als „reizend“ mit R36 einzustufendes Calciumchlorid wurde mit 29,6 Masse-% TS ermittelt und damit wird das Kriterium „H15“ als erfüllt angesehen.

#### Ergebnis

**Die chemischen Untersuchungen im Feststoff und Eluat ergaben nach Interpretation möglicher Bindungsformen Hinweise auf das Vorliegen von gefährlichen Eigenschaften nach RL 2008/98/EG bzw. AVV.**

**Tabelle 43: Einstufung der Filterkuchen bzw. festen Abfälle aus der Abgasbehandlung aus EBS-Kraftwerken**

Gefährlichkeitsmerkmal	Gefahrenbezeichnung	R-Sätze
H4 „reizend“	Xi - reizend	R36
H10 „reproduktionstoxisch“ Cat.1	T - giftig	R61
H14 „ökotoxisch“	N - umweltgefährlich	R50-53
H15 Die Entstehung eines gefährlichen Stoffes durch Auslaugung ist möglich.		

**Die Filterkuchen aus der Abfallbehandlung sind dem AS 190105\* bzw. feste Abfälle aus der Abgasbehandlung dem AS 190107\* zuzuordnen.**

## 7.7 Zusammenfassung der Einstufung von Abfällen aus der thermischen Abfallbehandlung

Für die Bewertung von Abfällen sind die gefahrenrelevanten Eigenschaften H1 bis H15 gemäß Abfallrecht und unter Berücksichtigung des Chemikalienrechts zu prüfen und zu bewerten.

Entsprechend der Abfallgenese können für Abfälle aus der thermischen Abfallbehandlung wegen des Einflusses hoher Temperaturen folgende H-Kriterien aus der Betrachtung ausgeschlossen werden:

**H1 „explosiv“**  
**H2 „brandfördernd“**  
**H3-A „leicht entzündbar“**  
**H3-B „entzündbar“**  
**H9 „infektiös“**  
**H12 „giftige Gase abscheidend bei Berührung mit Wasser“**

Die anderen H- Kriterien sind wie folgt zu prüfen:

**H4 „reizend“ und H8 „ätzend“**

In Rückständen aus Abfallverbrennungsanlagen können Metalle in elementarer Form und Verbindungen in oxidischer oder anorganischer Form vorliegen. In der Tabelle im **Anhang** sind als ätzend oder reizend eingestuft Verbindungen (R34, R35, R36, R37, R38, R41 und Kombinationen) aufgelistet, die in Verbrennungsrückständen vorkommen können.

Bei der Bestimmung der Gefahrenrelevanz von Abfällen werden üblicherweise die Metallgehalte analytisch bestimmt. Unter Beachtung möglicher reizend oder ätzend wirkender Metallverbindungen sind die Konzentrationen folgender Metalle in die Berechnung einzubeziehen: As, Be, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Sb, Tl, V, Zn, Ag, K, Na.

Liegt die Konzentration eines dieser Metalle unterhalb der Berücksichtigungsgrenze von 1 %, kann die gefahrenrelevante Eigenschaft ätzend bzw. reizend ausgeschlossen werden. Liegt die jeweilige Metallkonzentration oberhalb der Berücksichtigungsgrenze von 1 %, sind Annahmen zur Bindungsform der Metalle aus der Abfallgenese zu treffen und ggf. zu verifizieren, da für die Berechnung die analytisch ermittelten Gehalte allein noch nicht genügen.

Liegt z. B. der Gehalt von an mit R34 eingestuften Stoffen ( $\text{SbCl}_3$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{HgCl}_2$  und  $\text{ZnCl}_2$ ) bei jeweils 1,5 %, so ergibt sich ein Gesamtgehalt von 7,5 %, der den Grenzwert für als R34 eingestufte Stoffe von 5 % überschreitet. Der Abfall wäre somit als ätzend einzustufen.

Da der Aufwand der konventionellen Methode sehr hoch ist, kann alternativ zur Feststellung der Merkmale „reizend“ oder „ätzend“ der pH-Wert und die Pufferkapazität (alkalische Reserve) nach YOUNG (Anlage 1 der TRGS 200) bestimmt und nach folgender Formel berechnet werden:

<b>pH-Wert +</b>	<b>(1/12 Basenreserve) <math>\geq</math></b>	<b>14,5 der Abfall ist ätzend</b>	<b>= gefährlich</b>
<b>pH-Wert -</b>	<b>(1/12 Säurereserve) <math>\leq</math></b>	<b>0,5 der Abfall ist ätzend</b>	<b>= gefährlich</b>
<b>pH-Wert +</b>	<b>(1/6 Basenreserve) <math>\geq</math></b>	<b>13 der Abfall ist reizend</b>	<b>= gefährlich</b>
<b>pH-Wert -</b>	<b>(1/6 Säurereserve) <math>\leq</math></b>	<b>1 der Abfall ist reizend</b>	<b>= gefährlich</b>

- H5 „gesundheitsschädlich“**
- H6 „giftig“**
- H7 „krebserzeugend“**
- H10 „fortpflanzungsgefährdend“**
- H11 „mutagen“**
- H13 „sensibilisierend“**
- H14 „ökotoxisch“**
- H15 „nach Beseitigung können z. B. gefährliche Auslaugungsprodukte entstehen“**

Die aus der chemischen Analyse der Feststoffe ermittelten Metallparameter sind für die Bewertung heranzuziehen. Dazu wird an Hand der Metallkonzentrationen auf Verbindungen die mit einiger Wahrscheinlichkeit in Verbrennungsrückständen auftreten können, geschlossen. In der Tabelle im Anhang sind solche als gesundheitsschädlich, giftig, krebserzeugend, fortpflanzungsgefährdend, mutagen, sensibilisierend, ökotoxisch oder auslaugbar geltenden Verbindungen mit den jeweiligen R-Sätzen aufgeführt. Die Berücksichtigungsgrenzen liegen bei 0,1 oder 1 Gewichts-%. Zur Feststellung des Ausschlusses oder des Vorhandenseins möglicher kennzeichnungspflichtiger Verbindungen sind die Wasserlöslichkeit, die Salzsäurelöslichkeit sowie stöchiometrische Betrachtungen wie in den beschriebenen Interpretationen heranzuziehen.

## **8 Einschätzung der Entsorgungsmöglichkeiten der untersuchten Rückstände aus Verbrennungsanlagen**

### **8.1 Einsatz im Bergversatz**

Als Versatzmaterial in Bergwerken kommen Mischungen zum Einsatz, die aus Abfällen hergestellt werden. Für Versatzbergwerke sind stoffliche Anforderungen an das Versatzmaterial vorrangig auf den Gesundheitsschutz der Beschäftigten abgestellt. Der vorgegebene arbeitshygienisch- toxikologische Rahmen kann durch entsprechende Konditionierung eingehalten werden. Die Filterstäube aus einigen Verbrennungsanlagen unterschreiten bereits unvermischt die Limitgehalte des Rahmenbeispiels und können uneingeschränkt verwendet werden.

Ein Abfall muss verschiedene physikalische Kriterien erfüllen, um als Versatzstoff im Salzgestein geeignet zu sein. Einige dieser Eigenschaften lassen sich durch gezielte Mischung mit anderen Abfällen verändern, so dass die erforderliche mechanische Versatzfähigkeit geschaffen oder verbessert werden kann.

Die untersuchten Abfälle aus der thermischen Verwertung wurden auf ihre Eignung im Bergversatz geprüft. Es wurde festgestellt, dass sie sich ausnahmslos im Bergversatz verwerten lassen. Die Stäube sind grundsätzlich zu konditionieren, um die mechanische Versatzleistung herzustellen. In einigen Fällen sind Anteilsbegrenzungen erforderlich. Die Festlegung eines Mindest-pH-Wertes wird als sinnvoll erachtet. Schlacken sollten anderen Entsorgungswegen vorbehalten sein. Bei metallhaltigen Schlacken besteht der Vorrang der Rückgewinnung der Metalle.

### **8.2 Ablagerbarkeit auf oberirdischen Deponien**

Rechtliche Grenzen und technische Möglichkeiten zur Herstellung der Ablagerbarkeit auf oberirdischen Deponien wurden vorgestellt und anhand der Messdaten diskutiert und bewertet.

Schlacken sind im Allgemeinen ablagerbar, wobei das Reifungsverhalten die Ablagerbarkeit verbessert.

Filterstäube sind auf Grund ihrer Chloridgehalte und Kesselstäube auf Grund ihrer Sulfatgehalte nicht direkt ablagerbar. Bei diesen Abfällen werden bei einzelnen Eluatwerten die zulässigen Ablagerungskriterien überschritten, so dass eine Ablagerung nur nach Behandlung denkbar ist.

Für die chloridhaltigen Filterstäube ist festzustellen, dass die Einhaltung der Annahmekriterien weder durch eine Behandlung noch eine Stabilisierung möglich ist, da sich Chloride in den vorgefundenen Mengen nicht irreversibel in unlösliche Bindungsformen umwandeln lassen.

Dagegen sind die vorrangig durch Sulfat belasteten Kesselstäube durch Umsetzung der Sulfate mit Calcium zu schwerlöslichem Gips vergleichsweise einfach stoffumwandelnd behandelbar. Der Abfall bleibt bei dieser Behandlung auf Grund seiner Feststoffgehalte unverändert gefährlich.

## Rechtsgrundlagen

- 1 Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG) vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212)"
- 2 Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 28 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212)
- 3 Bergverordnung zum gesundheitlichen Schutz der Beschäftigten (Gesundheitsschutz-Bergverordnung - GesBergV) vom 31. Juli 1991 (BGBl. I S. 1751), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 6 der Verordnung vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643)
- 4 Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (AVV) vom 10.12.2001 (BGBl. I S. 3379), zuletzt geändert durch Artikel 7 des Gesetzes vom 15.07.2006 (BGBl. I S. 1619)
- 5 Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19.11.2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien (ABl. L 312 vom 22.11.2008, S. 3) - Abfallrahmenrichtlinie
- 6 Richtlinie 67/548/EWG des Rates vom 27.06.1967 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe (ABl. L 196 vom 16.08.1967, S. 1) - Stoffrichtlinie
- 7 Richtlinie 1999/45/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 31.05.1999 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Zubereitungen (ABl. L 200 vom 30.07.1999, S. 1) - Zubereitungsrichtlinie
- 8 Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16.12.2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (ABl. L 353 vom 31.12.2008, S. 1) - CLP-Verordnung
- 9 TRGS 200 Einstufung und Kennzeichnung von Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen, Ausgabe Oktober 2011



## Anhang

Stoff	Faktor Element/ Stoffgehalt	Einstufung	Kennzeichnung	Konzentrations- grenzwert	Anmerkungen
Ca(CN) <sub>2</sub>	1,771	T+; R28 R32 N; R50-53	R: 28-32-50/53 S: (1/2-)7/8-23-36/37-45-60-61		
SbCl <sub>3</sub>	1,87	C; R34 N; R51-53	R: 34-51/53 S: (1/2-)26-45-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	
SbCl <sub>5</sub>	2,46	C; R34 N; R51-53	R: 34-51/53 S: (1/2-)26-45-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	
Sonstige Antimonverbindungen mit Ausnahme von (Sb <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ), (Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), (Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub> ), (Sb <sub>2</sub> S <sub>5</sub> ) <sup>2</sup>		Xn; R20/22 N; R51-53	R: 20/22-51/53 S: (2-)61	Xn; R20/22: C ≥ 0,25 %	
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,39	Carc. Cat. 3; R40	R: 40 S: (2-)22-36/37		
PbHAsO <sub>4</sub>	4,63	Carc. Cat. 1; R45 Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 T; R23/25 R33 N; R50-53	R: 45-61-23/25-33-50/53-62 S: 53-45-60-61		Anm. 1: als Gewichtsprozent auf das Metall (Element) bezogen
Ni <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	3,03	Carc. Cat. 1; R45 T; R48/23 R43 N; R50-53	R: 45-43-48/23-50/53 S: 53-45-60-61		
NiAs <sub>2</sub> NiAs	1,39	Carc. Cat. 1; R49 T; R48/23 R43 N; R50-53	R: 49-43-48/23-50/53 S: 53-45-60-61		
As	1,00	T; R23/25 N; R50-53	R: 23/25-50/53 S: (1/2-)20/21-28-45-60-61		
Sonstige Arsenverbindungen	1,00	T; R23/25 N; R50-53	R: 23/25-50/53 S: (1/2-)20/21-28-45-60-61	T; R23/25: C ≥ 0,2 % Xn; R20/22: 0,1 % ≤ C < 0,2 %	Anm. 1: als Gewichtsprozent auf das Metall (Element) bezogen
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,32	Carc. Cat. 1; R45 T+; R28 C; R34 N; R50-53	R: 45-28-34-50/53 S: 53-45-60-61		
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,53	Carc. Cat. 1; R45 T; R23/25 N; R50-53	R: 45-23/25-50/53 S: 53-45-60-61		
H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	1,89	Carc. Cat. 1; R45 T; R23/25 N; R50-53	R: 45-23/25-50/53 S: 53-45-60-61		
Be	1,00	Carc. Cat. 2; R49 T+; R26 T; R25-48/23 Xi; R36/37/38 R43	R: 49-25-26-36/37/38-43-48/23 S: 53-45		brennbarer Feststoff
Sonstige Berylliumverbindungen	1,00	Carc. Cat. 2; R49 T+; R26 T; R25-48/23 Xi; R36/37/38 R43 N; R51-53	R: 49-25-26-36/37/38-43-48/23-51/53 S: 53-45-61		
BeO	2,776	Carc. Cat. 2; R49 T+; R26 T; R25-48/23 Xi; R36/37/38 R43	R: 49-25-26-36/37/38-43-48/23 S: 53-45		

<sup>2</sup> sowie den im Anhang I der RL67/548/EWG gesondert aufgeführten Verbindungen

Sonstige Bleiverbindungen	1	Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R20/22 R33 N; R50-53	R: 61-20/22-33-62-50/53 S: 53-45-60-61	Repr. Cat. 3; R62: C ≥ 2,5 % Xn; R20/22: C ≥ 1 % R33: C ≥ 0,5 %	Anm. 1: als Gewichtsprozent auf das Metall(Element) bezogen
PbCrO <sub>4</sub>	1	Carc. Cat. 2; R45 Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 R33 N; R50-53	R: 45-61-33-62-50/53 S: 53-45-60-61		Anm. 1: als Gewichtsprozent auf das Metall(Element) bezogen
Pb <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	1	Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R48/22 R33 N; R50-53	R: 61-33-48/22-50/53-62 S: 53-45-60-61		Anm. 1: als Gewichtsprozent auf das Metall(Element) bezogen
PbHAsO <sub>4</sub>	1	Carc. Cat. 1; R45 Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 T; R23/25 R33 N; R50-53	R: 45-61-23/25-33-50/53-62 S: 53-45-60-61		Anm. 1: als Gewichtsprozent auf das Metall(Element) bezogen
Sonstige Cadmiumverbindungen <sup>3</sup>	1	Xn; R20/21/22 N; R50-53	R: 20/21/22-50/53 S: (2-)60-61	Xn; R20/21/22: C ≥ 0,1 %	Anm. 1: als Gewichtsprozent auf das Metall(Element) bezogen
CdCl <sub>2</sub>	1,63	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 2; R60-61 T+; R26 T; R25-48/23/25 N; R50-53	R: 45-46-60-61-25-26-48/23/25-50/53 S: 53-45-60-61	Carc. Cat. 2; R45: C ≥ 0,01 % T; R25: C ≥ 10 % Xn; R22: 0,1 % ≤ C < 10 % T; R48/23/25: C ≥ 7 % Xn; R48/20/22: 0,1 % ≤ C < 7 %	
CdSO <sub>4</sub>	1,85	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 2; R60-61 T+; R26 T; R25-48/23/25 N; R50-53	R: 45-46-60-61-25-26-48/23/25-50/53 S: 53-45-60-61	Carc. Cat. 2; R45: C ≥ 0,01 % T; R25: C ≥ 10 % Xn; R22: 0,1 % ≤ C < 10 % T; R48/23/25: C ≥ 7 % Xn; R48/20/22: 0,1 % ≤ C < 7 %	
CdS	1,00	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 3; R62-63 T; R48/23/25 Xn; R22 R53	R: 45-22-48/23/25-62-63-68-53 S: 53-45-61	Xn; R22: C ≥ 10 % T; R48/23/25: C ≥ 10 % Xn; R48/20/22: 0,1 % ≤ C < 10 %	Anm. 1: als Gewichtsprozent auf das Metall(Element) bezogen
PbCrO <sub>4</sub>	6,22	Carc. Cat. 2; R45 Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 R33 N; R50-53	R: 45-61-33-62-50/53 S: 53-45-60-61		Anm. 1: als Gewichtsprozent auf das Metall(Element) bezogen
CrO <sub>3</sub>	1,92	O; R9 Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 3; R62 T+; R26 T; R24/25-48/23 C; R35 R42/43 N; R50-53	R: 45-46-9-24/25-26-35-42/43-48/23-62-50/53 S: 53-45-60-61	R35 C; R34: 5 % ≤ C < 10 % Xi; R36/37/38: 1 % ≤ C < 5 %	

<sup>3</sup> cadmium compounds, with the exception of cadmium sulphoselenide (xCdS.yCdSe), reaction mass of cadmium sulphide with zinc sulphide (xCdS.yZnS), reaction mass of cadmium sulphide with mercury sulphide (xCdS.yHgS),

$K_2Cr_2O_7$	2,83	O; R8 Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 2; R60-61 T+; R26 T; R25-48/23 Xn; R21 C; R34 R42/43 N; R50-53	R: 45-46-60-61-8-21-25-26-34-42/43-48/23-50/53 S: 53-45-60-61	C; R34: C $\geq$ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % $\leq$ C < 10 %	Anm. 3 = als Gewichtsprozent auf wasserlösliches Chrom bezogen
$Na_2Cr_2O_7$	2,52	O; R8 Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 2; R60-61 T+; R26 T; R25-48/23 Xn; R21 C; R34 R42/43 N; R50-53	R: 45-46-60-61-8-21-25-26-34-42/43-48/23-50/53 S: 53-45-60-61	C $\geq$ 25 %: C; R34 5 % $\leq$ C < 10 %: Xi; R36/37/38 C $\geq$ 0,2 %: R42/43	
$K_2CrO_4$	3,73	Carc. Cat. 2; R49 Muta. Cat. 2; R46 Xi; R36/37/38 R43 N; R50-53	R: 49-46-36/37/38-43-50/53 S: 53-45-60-61	R43: C $\geq$ 0,5 %	Anm. 3 = als Gewichtsprozent auf wasserlösliches Chrom bezogen
$Na_2CrO_4$	3,12	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 2; R60-61 T+; R26 T; R25-48/23 Xn; R21 C; R34 R42/43 N; R50-53	R: 45-46-60-61-21-25-26-34-42/43-48/23-50/53 S: 53-45-60-61	R42/43: C $\geq$ 0,2 %	Anm. 3 = als Gewichtsprozent auf wasserlösliches Chrom bezogen
$NiCrO_4$	3,36	Carc. Cat. 1; R49 T; R48/23 R42/43 N; R50-53	R: 49-42/43-48/23-50/53 S: 53-45-60-61		
$NiCr_2O_7$	2,64	Carc. Cat. 1; R49 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 2; R61 T; R48/23 R42/43 N; R50-53	R: 49-61-42/43-48/23-68-50/53 S: 53-45-60-61	C $\geq$ 1 %: T R48/23 0,1 % $\leq$ C < 1 %: Xn; R48/20 C $\geq$ 0,01 %: R43 C $\geq$ 25 %: N; R50-53 2,5 % $\leq$ C < 25 %: N; R51-53 0,25 % $\leq$ C < 2,5 %: R52-53	
Co	1	R42/43 R53	R: 42/43-53 S: (2-)22-24-37-61		
CoO	1,27	Xn; R22 R43 N; R50-53	R: 22-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
CoS	1,54	R43 N; R50-53	R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
$CoCl_2$	2,20	Carc. Cat. 2; R49 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 2; R60 Xn; R22 R42/43 N; R50-53	R: 49-60-22-42/43-68-50/53 S: 53-45-60-61		
$CoSO_4$	2,63	Carc. Cat. 2; R49 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 2; R60 Xn; R22 R42/43 N; R50-53	R: 49-60-22-42/43-68-50/53 S: 53-45-60-61		
$Co(NO_3)_2$	3,10	Carc. Cat. 2; R49 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 2; R60 R42/43 N; R50-53			

CoCO <sub>3</sub>	2,02	Carc. Cat. 2; R49 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 2; R60 R42/43 N; R50-53			
CuCl	1,56	Xn; R22 N; R50-53	R: 22-50/53 S: (2-)22-60-61		
Cu <sub>2</sub> O	2,25	Xn; R22 N; R50-53	R: 22-50/53 S: (2-)22-60-61		
CuSO <sub>4</sub>	2,51	Xn; R22 Xi; R36/38 N; R50-53	R: 22-36/38-50/53 S: (2-)22-60-61		
MnO <sub>2</sub>	1,58	Xn; R20/22	R: 20/22 S: (2-)25		
MnSO <sub>4</sub>	2,75	Xn; R48/20/22 N; R51-53	R: 48/20/22-51/53 S: (2-)22-61		
Ni	1,00	Carc. Cat. 3; R40 T; R48/23 R43	R: 40-43-48/23 S: (2-)36/37/39-45		
NiO	1,27	Carc. Cat. 1; R49 T; R48/23 R43 R53	R: 49-43-48/23-53 S: 53-45-61		
NiS	1,55	Carc. Cat. 1; R49 Muta. Cat. 3; R68 T; R48/23 R43 N; R50-53	R: 49-43-48/23-68-50/53 S: 53-45-60-61		
Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub>	1,36	Carc. Cat. 1; R49 Muta. Cat. 3; R68 T; R48/23 R43 N; R50-53	R: 49-43-48/23-68-50/53 S: 53-45-60-61		
Ni(OH) <sub>2</sub>	1,58	Carc. Cat. 1; R49 Repr. Cat. 2; R61 Muta. Cat. 3; R68 T; R48/23 Xn; R20/22 Xi; R38 R42/43 N; R50-53	R: 49-61-20/22-38-42/43-48/23-68-50/53 S: 53-45-60-61		
NiSO <sub>4</sub>	2,64	Carc. Cat. 1; R49 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 2; R61 T; R48/23 Xn; R20/22 Xi; R38 R42/43 N; R50-53	R: 49-61-20/22-38-42/43-48/23-68-50/53 S: 53-45-60-61	C ≥ 1 %: T; R48/23 0,1 % ≤ C < 1 %: Xn; R48/20 C ≥ 20 %: Xi; R38 C ≥ 0,01 %: R43 C ≥ 25 %: N; R50-53 2,5 % ≤ C < 25 %: N; R51-53 0,25 % ≤ C < 2,5 %: R52-53	
NiCO <sub>3</sub>	2,02	Carc. Cat. 1; R49 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 2; R61 T; R48/23 Xn; R20/22 Xi; R38 R42/43 N; R50-53	R: 49-61-20/22-38-42/43-48/23-68-50/53 S: 53-45-60-61		Zersetzung bei 120 - 350°C in CO <sub>2</sub> und NiO
NiCl <sub>2</sub>	2,21	Carc. Cat. 1; R49 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 2; R61 T; R23/25-48/23 Xi; R38 R42/43 N; R50-53	R: 49-61-23/25-38-42/43-48/23-68-50/53 S: 53-45-60-61	C ≥ 1 %: T; R48/23 0,1 % ≤ C < 1 %: Xn; R48/20 C ≥ 20 %: Xi; R38 C ≥ 0,01 %: R43 C ≥ 25 %: N; R50-53 2,5 % ≤ C < 25 %: N; R51-53 0,25 % ≤ C < 2,5 %: R52-53	
Ni(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3,11	O; R8 Carc. Cat. 1; R49	R: 49-61-8-20/22-38-	C ≥ 1 %: T; R48/23 0,1 % ≤ C < 1 %: Xn;	

		Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 2; R61 T; R48/23 Xn; R20/22 Xi; R38-41 R42/43 N; R50-53	41-42/43-48/23-68-50/53 S: 53-45-60-61	R48/20 C ≥ 20 %: Xi; R38 C ≥ 0,01 %: R43 C ≥ 25 %: N; R50-53 2,5 % ≤ C < 25 %: N; R51-53 0,25 % ≤ C < 2,5 %: R52-53	
Ni(CN) <sub>2</sub>	1,89	Carc. Cat. 1; R49 T; R48/23 R42/43 R32 N; R50-53	R: 49-32-42/43-48/23-50/53 S: 53-45-60-61		
NiCrO <sub>4</sub>	2,98	Carc. Cat. 1; R49 T; R48/23 R42/43 N; R50-53	R: 49-42/43-48/23-50/53 S: 53-45-60-61		zersetzt sich
NiSiO <sub>3</sub>	2,30	Carc. Cat. 1; R49 T; R48/23 R43 N; R50-53	R: 49-43-48/23-50/53 S: 53-45-60-61		
Ni <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	2,58	Carc. Cat. 1; R45 T; R48/23 R43 N; R50-53	R: 45-43-48/23-50/53 S: 53-45-60-61		
Ni <sub>3</sub> S <sub>4</sub>	1,73	Carc. Cat. 1; R49 T; R48/23 R43 N; R50-53	R: 49-43-48/23-50/53 S: 53-45-60-61		
NiCr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	4,68	Carc. Cat. 1; R49 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 2; R61 T; R48/23 R42/43 N; R50-53	R: 49-61-42/43-48/23-68-50/53 S: 53-45-60-61	C ≥ 1 %: T R48/23 0,1 % ≤ C < 1 %: Xn; R48/20 C ≥ 0,01 %: R43 C ≥ 25 %: N; R50-53 2,5 % ≤ C < 25 %: N; R51-53 0,25 % ≤ C < 2,5 %: R52-53	
Hg	1,00	Repr. Cat. 2; R61 T+; R26 T; R48/23 N; R50-53	R: 61-26-48/23-50/53 S: 53-45-60-61		
Anorganische Quecksilberverbindungen mit Ausnahme von HgS	1,00	T+; R26/27/28 R33 N; R50-53	R: 26/27/28-33-50/53 S: (1/2-)13-28-45-60-61	T+; R26/27/28: C ≥ 2 % T; R23/24/25: 0,5 % ≤ C < 2 % Xn; R20/21/22: 0,1 % ≤ C < 0,5 % R33: C ≥ 0,1 %	
Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	2,35	Xn; R22 Xi; R36/37/38 N; R50-53	R: 22-36/37/38-50/53 S: (2-)13-24/25-46-60-61		
HgCl <sub>2</sub>	1,35	Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 3; R62 T+; R28 T; R48/24/25 C; R34 N; R50-53	R: 28-34-48/24/25-62-68-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-60-61		
Se	1,00	T; R23/25 R33 R53	R: 23/25-33-53 S: (1/2-)20/21-28-45-61		
Sonstige Selenverbindungen mit Ausnahme von Cadmiumsulphoselenid	1,00	T; R23/25 R33 N; R50-53	R: 23/25-33-50/53 S: (1/2-)20/21-28-45-60-61		
Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub>	2,19	T+; R28 T; R23 R31 R43 N; R51-53	R: 23-28-31-43-51/53 S: (1/2-)28-36/37-45-61		
Tl	1	T+; R26/28 R33	R: 26/28-33-53		

		R53	S: (1/2-)13-28-45-61		
Sonstige Thallium- verbindungen	1	T+; R26/28 R33 N; R51-53	R: 26/28-33-51/53 S: (1/2-)13-28-45-61		
TiSO <sub>4</sub>	2,47	T+; R28 T; R48/25 Xi; R38 N; R51-53	R: 28-38-48/25-51/53 S: (1/2-)13-36/37-45-61		
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,57	Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 3; R63 T; R48/23 Xn; R20/22 Xi; R37 N; R51-53	R: 20/22-37-48/23-51/53-63-68 S: (1/2-)36/37-38-45-61		?
ZnCrO <sub>4</sub>	2,77	Carc. Cat. 1; R45 Xn; R22 R43 N; R50-53	R: 45-22-43-50/53 S: 53-45-60-61		zersetzt sich
Zn	1	N; R50-53	R: 50/53 S: 60-61		
ZnCl <sub>2</sub>	2,08	C; R34 Xn; R22 N; R50-53	R: 22-34-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-60-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	
ZnSO <sub>4</sub>	2,47	Xn; R22 Xi; R41 N; R50-53	R: 22-41-50/53 S: (2-)22-26-39-46-60-61		
Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	1,97	N; R50-53	R: 50/53 S: 60-61		
ZnO	1,24	N; R50-53	R: 50/53 S: 60-61		
Zn <sub>3</sub> P <sub>2</sub>	1,32	F; R15/29 T+; R28 R32 N; R50-53	R: 15/29-28-32-50/53 S: (1/2-)28-30-36/37-43-45-60-61	N; R50-53: C ≥ 0,25 % N; R51-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 % R52-53: 0,0025 % ≤ C < 0,025 %	
BaCO <sub>3</sub>	1,44	Xn; R22	R: 22 S: (2-)24/25		
BaCl <sub>2</sub>	1,52	T; R25 Xn; R20	R: 20-25 S: (1/2-)45		
BaS	1,23	R31 Xn; R20/22 N; R50	R: 20/22-31-50 S: (2-)28-61		
AgNO <sub>3</sub>	1,57	O; R8 C; R34 N; R50-53	R: 8-34-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-60-61		
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	5,72	Repr. Cat. 2; R60-61	R: 60-61 S: 53-45	Repr. Cat. 2; R60-61: C ≥ 5,5 %	
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,22	Repr. Cat. 2; R60-61	R: 60-61 S: 53-45	Repr. Cat. 2; R60-61: C ≥ 3,1 %	
NaB <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	4,65	Repr. Cat. 2; R60-61	R: 60-61 S: 53-45	Repr. Cat. 2; R60-61: C ≥ 4,5 %	
FeSO <sub>4</sub>	2,72	Xn; R22 Xi; R36/38	R: 22-36/38 S: (2-)46		

Herausgegeben  
durch das Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt  
Fachbereich 2

### **Impressum**

ISSN 0941-7281

Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt - Halle (2012) Heft 3:

### **Untersuchung von Abfällen aus thermischen Abfallbehandlungen- Kurzbericht**

Autoren / Redaktion:

Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt

Ellen Gerlach  
Gerd-Rüdiger Behr

CLU GmbH-Chemisches Labor für Umweltanalytik Halle (Saale)

Dr. Hans-Jochen König  
Dr. Claudia Meinicke

Herausgeber und Bezug:

PSF 200 841, Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt,  
06009 Halle, Sitz: Reideburger Str. 47, 06116 Halle, Telefon (0345) 5704 0  
E-mail: [poststelle@lau.mlu.sachsen-anhalt.de](mailto:poststelle@lau.mlu.sachsen-anhalt.de)

Diese Schriftenreihe wird kostenlos abgegeben und darf nicht verkauft werden. Der Nachdruck bedarf der Genehmigung.

Die Autoren sind für den fachlichen Inhalt ihrer Beiträge selbst verantwortlich. Die von ihnen vertretenen Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

September 2012

Diese Schrift darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben politischer Informationen oder Werbemittel. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Schrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner Gruppen verstanden werden könnte.