

# Gutachterliche Stellungnahme

## Qualitätsbeurteilung Elektroofenschlacke der Marienhütte GmbH

erstellt für

**Stahl- und Walzwerk Marienhütte Ges.m.b.H.**

**Erstellt von:**

DI Alexia Aldrian

Mag. Dr. Daniela Sager

O.Univ.Prof.Dipl.-Ing.Dr. Karl E. Lorber

Seiten: 29

Ausfertigung: A

Leoben, 16.12.2009

## Inhaltsverzeichnis

	<b>Seite</b>
<b>1 VERANLASSUNG UND BEAUFTRAGUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2 BEFUNDAUFNAHME .....</b>	<b>3</b>
2.1 Grundlegendes .....	3
2.2 Sachverhaltsdarstellung .....	3
<b>3 BEFUND .....</b>	<b>4</b>
3.1 Zusammenstellung und Sichtung der vorhandenen Daten .....	4
3.1.1 Daten der Marienhütte GmbH .....	4
3.1.2 Daten Literatur .....	5
3.2 Einhaltung von relevanten Umweltkriterien bzw. Grenzwerten .....	6
<b>4 GUTACHTERLICHE STELLUNGNAHME .....</b>	<b>7</b>
4.1 Bewertung des Sachverhalts .....	7
4.2 Einhaltung von Umweltkriterien und Grenzwerten .....	7
<b>5 LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>10</b>
5.1 Vom Auftraggeber übergebene Unterlagen .....	11
<b>6 ANHANG .....</b>	<b>12</b>
6.1 Tabellen .....	12
6.2 Abbildungen .....	25
<b>7 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>28</b>
<b>8 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>29</b>

# 1 Veranlassung und Beauftragung

Das Stahl- und Walzwerk Marienhütte GmbH in 8021 Graz, Südbahnstraße 11, verarbeitet zugekauften, unlegierten Schrott im Elektrolichtbogenofen zu Stahl (Hauptprodukt), wobei als Reststoff Elektroofenschlacke anfällt, die nach Möglichkeit im Straßenbau und der übrigen Bauindustrie verwendet wird bzw. verwendet werden soll.

Mit Schreiben vom 30.11.2009 ist das Institut für Nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik (IAE) der Montanuniversität Leoben (Auftragnehmer) von Herrn DI Herbert Fohringer - Geschäftsführer der Stahl- und Walzwerk Marienhütte GmbH (Auftraggeber) - beauftragt worden, eine gutachterliche Stellungnahme zur Qualität der im Werk Marienhütte Graz anfallenden Elektroofenschlacke im Hinblick auf die Verwendung vorzunehmen, wobei insbesondere die Einhaltung der existierenden Qualitätskriterien und Grenzwerte kritisch geprüft werden sollten.

## 2 Befundaufnahme

### 2.1 Grundlegendes

Im Stahl- und Walzwerk Marienhütte GmbH in Graz wird unlegierter Schrott, welcher über zugelassene Händler angekauft wird, im Elektrolichtbogenofen zu Stahl verarbeitet. Der Eisenschrott wird mit Zuschlägen sowie den Reduktionsmitteln Kalk und Koks versehen, um für das Hauptprodukt Stahl unerwünschte mineralische und metallische Elemente zu entfernen. Die gesamte Prozesskette der Produktion in der Marienhütte GmbH ist nach ISO 9001:2000 und ISO 14001:2004 zertifiziert.

Während des Elektroofenprozesses entsteht neben dem Hauptprodukt Stahl auch Elektroofenschlacke (EOS), ein dunkelgraues, dichtes Schmelzgestein, das wegen seines Eisengehalts schwerer ist als herkömmliches Gestein. Die flüssige Schlacke wird beim Abfließen mit Wasser bedüst und so einerseits schlagartig abgekühlt, andererseits erfolgt bei diesem Prozessschritt eine Vorgranulierung und somit eine Steuerung der Korngröße der EOS Marienhütte. Diese weist eine Körnung von etwa 0/500 (mm) auf.

Die in der Marienhütte GmbH jährlich anfallenden Schlackenmengen belaufen sich auf 60.000 Tonnen.

### 2.2 Sachverhaltsdarstellung

Die Elektroofenschlacke des Stahl- und Walzwerks Marienhütte GmbH in Graz wird seit Jahren im Ingenieur- und Straßenbau verwendet und eingesetzt. Die gegenständliche „Gutachterliche Stellungnahme“ soll die Umweltverträglichkeit der Eisenhüttenschlacke (EOS), welche in der Marienhütte GmbH als Reststoff neben dem Hauptprodukt Stahl anfällt, in Hinblick auf deren Einsatz als rezyklierte Gesteinskörnung für ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische für den Ingenieur- und Straßenbau gemäß ÖNORM EN 13242 und ÖNORM B 3132 [1, 2] zeigen. Die hierbei zu prüfenden Umweltkriterien im Sinne einer „Grundlegenden Charakterisierung“ im Eluat sind pH-Wert, el. Leitfähigkeit (mS/m), Cr

gesamt (mg/kg TM), Kupfer (mg/kg TM), Ammonium-N (mg/kg TM), Nitrit-N (mg/kg TM), Sulfat (mg/kg TM), KW-Index (mg/kg TM). Weitere zu berücksichtigende Anforderungen für das Einbringen von Elektroofenschlacke als Baustoff sind in der Richtlinie für Recyclingbaustoffe (basieren auf Regelungen des Bundesabfallwirtschaftsplans (BAWP) 2006 [3]) sowie in einer als Grundlage für diese Richtlinie dienende, vom Umweltbundesamt durchgeführten Studie, angeführt [4, 5]. Zusätzlich wird in der gegenständlichen Stellungnahme, nachfolgend ein Vergleich der Feststoffgehalte sowie Eluatkonzentrationen der EOS Marienhütte mit Richtwerten der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA, Merkblatt 20) in Deutschland [6], mit Grenzwerten der österreichischen Trinkwasserverordnung [7] sowie Ergebnissen zu Generaluntersuchungen an internationalen Eisenhüttenschlacken, durchgeführt vom Institut für Baustoffforschung (FEhS) angestellt.

### **3 Befund**

#### **3.1 Zusammenstellung und Sichtung der vorhandenen Daten**

##### **3.1.1 Daten der Marienhütte GmbH**

Die Elektroofenschlacke des Stahl- und Walzwerks Marienhütte GmbH wird – zur Sicherstellung gleichbleibender Produktqualität (Qualitätssicherung) sowie der entsprechenden Prozessoptimierung – regelmäßigen chemischen Analysen unterzogen. Diese Überprüfung erfolgt zum einen in werksinterner Form, zweimal im Monat. Aus einem Schlackencontainer wird eine mengenproportionale Probe an drei verschiedenen Stellen genommen und die Probe zu einem externen Prüflabor gebracht, wo die Eluierung und anschließend die Bestimmung der Inhaltsstoffe durchgeführt werden. Zum anderen wird eine externe Kontrolle von einem unabhängigen, akkreditierten Labor durchgeführt. Die Prüfung durch eine externe Stelle erfolgt zweimal im Jahr. Damit wird eine Qualitätskontrolle gemäß ÖNORM B 3132 (2009) sichergestellt.

Anhand der für diese Stellungnahme zur Verfügung gestellten Analysenwerte aus den Jahren 1996 sowie 2009 wird im Kapitel 3.2 einerseits eine zeitliche Entwicklung der umweltrelevanten Parameter dargestellt sowie ein Vergleich mit Richt- bzw. Grenzwerten der o.a. Regelwerke und Institutionen angestellt.

Im Jahre 1996 wurden 2 Proben der EOS Marienhütte im Labor der B.A.R.B.A.R.A Leobener Umwelttechnik gemäß DIN 38414-4 eluiert und analysiert. Die untersuchten Parameter, die verwendeten Analysemethoden sowie die einzelnen Messwerte sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Im Herbst 2008 und Frühjahr 2009 (zwei Quartale) wurden qualifizierte Stichproben im Labor der MAPAG GmbH in Gumpoldskirchen, eine staatlich akkreditierte Prüf- und Überwachungsstelle für Baustoffuntersuchungen und Umweltanalytik, mittels Auslaugverfahren (ÖNORM S 2115) sowie auf Gesamtgehalte analysiert (Tabelle 2 und 3). Insgesamt wurden 54 qualifizierte Stichproben der Elektroofenschlacke entnommen. Eine qualifizierte Stichprobe umfasste mindestens 10 kg, maximal 20 kg zu prüfendes Material. Aufgrund des Entstehungsprozesses der Elektroofenschlacke wurde festgelegt, dass

Korngrößen > 150 mm bei der Probenahme unberücksichtigt bleiben können, da Inhomogenitäten zwischen Partikeln verschiedener Korngröße ausgeschlossen werden können. Die Probenahme erfolgte in Anlehnung an die Deponieverordnung 2008, Anhang 4 [8]. In den Abbildungen 1 (A-C) wird ein grafischer zeitlicher Vergleich der analytischen Ergebnisse der EOS Marienhütte angestellt und in der Tabelle 4 ausgewählte Eluatparameter von 1996, 2008 sowie 2009 aufgelistet. In den Abbildungen wurden Werte unter der Bestimmungsgrenze als Bestimmungsgrenze eingezeichnet. Die Abbildungen 2 (A-E) zeigen für ausgewählte Parameter den Schwankungsbereich für die Tagesmischproben aus den beiden untersuchten Quartalen (2008 und 2009).

### 3.1.2 Daten Literatur

- **Richtlinie für Recycling-Baustoffe des ÖBRV [4]**

Die Richtlinie für Recycling-Baustoffe des Österreichischen Baustoffrecycling Verbandes (ÖBRV) beschreibt die notwendigen Anforderungen und Eigenschaften für wiedergewonnene Produkte aus Baurestmassen. Die Tabelle 5 beinhaltet Parameter bezüglich Eluatgrenzwerten, welche für diese Recycling-Baustoffe zur Regelung der Umweltverträglichkeit vorgeschrieben sind.

- **Erhebung des Umweltbundesamtes „Recycling-Baustoffe - Regelung der Umweltverträglichkeit“ [5]**

In den Jahren 2001 und 2002 wurde vom Umweltbundesamt eine Untersuchung von verschiedensten Recycling-Baustoffen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden im Endbericht „Recycling-Baustoffe – Regelung der Umweltverträglichkeit“ präsentiert und dienten in weiterer Folge als Grundlage für die Erstellung der Richtlinie für Recyclingbaustoffe. Zu den analysierten, gütegeschützten Recycling-Baustoffen gehörten Asphaltgranulat, Betongranulat sowie Mischgranulate bestehend aus Beton, Asphalt und Gestein. Die im Zuge dieser Erhebung untersuchten Parameter hinsichtlich Eluatgehalten sowie Feststoffgehalten sind in den Tabelle 6 und 7 aufgelistet.

- **LAGA-Merkblatt: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen [6]**

Bei den in den Technischen Regeln festgelegten Zuordnungswerten im Eluat sowie im Feststoff handelt es sich um Vorsorgewerte, die vor allem aus der Sicht des Boden- und Grundwasserschutzes festgelegt wurden (Tabelle 8 und 9).

- **Trinkwasserverordnung [7]**

Diese Verordnung regelt die Anforderungen an die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. Die Grenzwerte dieser Verordnung sind in Tabelle 10 aufgelistet.

- **Institut für Baustoffforschung (FEhS)**

FEhS prüft und überwacht industrielle Nebenprodukte (wie z. B. Eisenhüttenschlacken) sowie andere Bauprodukte und zertifiziert deren Hersteller. Zudem erforscht dieses Institut

Nutzungsmöglichkeiten von Eisenhüttenschlacken. In den Tabellen 11 bis 13 sind Messwerte für Gesamtgehalte im Feststoff sowie Eluatkonzentrationen aus Generaluntersuchung von 2006 und 2009 angeführt, in denen 9 (2006) und 11 (2009) internationale Elektroofenschlacken aus D, NL und A charakterisiert wurden. Für diese Stellungnahme lagen bzgl. EOS Marienhütte Ergebnisse aus dem Jahr 2009 für einen Vergleich vor.

### **3.2 Einhaltung von relevanten Umweltkriterien bzw. Grenzwerten**

Die Einschätzung einer von Eisenhüttenschlacke möglicherweise ausgehenden Gefährdung für die Umwelt erfolgt in der Regel durch die Bewertung auslaugbarer umweltrelevanter Parameter anhand von Grenzwerten. Aus diesem Grund werden für die nachfolgenden Vergleiche und die anschließende Diskussion die Eluatkonzentrationen herangezogen. Gesamtmetallgehalte im Feststoff werden in der Regel nicht zur Beurteilung einer potentiellen Umweltgefährdung herangezogen, da keine Aussage bezüglich einer Verfügbarkeit und Freisetzung von Schadstoffen unter herrschenden Umweltbedingungen angestellt werden kann.

In den Tabellen 14 – 16 im Anhang werden die in den Kapiteln 3.1.1 und 3.1.2 angeführten Parameter gegenübergestellt. Die Tabelle 14 zeigt einen Vergleich der Tagesmischproben (Mittelwerte) der EOS Marienhütte aus den Jahren 2008 und 2009 mit Vorgaben der Richtlinie des Österreichischen Recyclingverbandes. Dieser Vergleich zeigt, dass die EOS Marienhütte der Qualitätsklasse A<sup>+</sup> gemäß der umwelttechnischen Klassifizierung entspricht (grün hinterlegt).

Die Tabelle 15 verweist auf die Studie des Umweltbundesamtes [5]. Wie aus den o.a. Unterlagen ersichtlich, überschreiten die Aluminium- und Bariumgehalte (rot markierte Werte) der EOS Marienhütte die Vergleichswerte dieser Studie. Die grün markierten Werte stehen für eingehaltene Vergleichswerte, die orange markierten Werte sind nur geringfügig erhöht und in ihrer Größenordnung mit den aufgelisteten Referenzwerten vergleichbar.

Die im Merkblatt 20 (LAGA) angeführten Grenzwerte (Eluatkonzentrationen) hinsichtlich Einbauklassen für Recyclingbaustoffe und nicht aufbereiteten Bauschutt werden von der EOS Marienhütte für eine Zuordnung zu der Einbauklasse Z 0 eingehalten (Tabelle 16).

Eine Gegenüberstellung der Eluatkonzentrationen der EOS-Marienhütte mit Grenzwerten aus der Trinkwasserverordnung (Tabelle 17) zeigt, dass die vorgegebenen Werte vom pH-Wert und der Aluminium-Konzentration überschritten werden.

Die Abbildungen 3 (A-F) zeigen einen Vergleich der Ergebnisse der Generaluntersuchungen der FEhS aus den Jahren 2006 und 2009. Für das Jahr 2009 liegen Werte der Marienhütte vor - Gesamtgehalte im Feststoff (Feststoffgehalte der Hauptkomponenten in Gew.-%, Metallgesamtgehalte in mg/kg sowie Eluatkonzentrationen nach DIN 38414-4 und DIN 19529 in mg/l), die in den Tabelle 18 bis 21 aufgelistet sind.

## 4 Gutachterliche Stellungnahme

### 4.1 Bewertung des Sachverhalts

Ein Vergleich mit der umwelttechnischen Klassifizierung der Richtlinie für Recyclingbaustoffe zeigt, dass die EOS Marienhütte in die höchste Güteklasse A<sup>+</sup> fällt, das bedeutet, dass die angeführten Parameter der Höchstanforderung für die Anwendungsform „ungebunden ohne Deckschicht“ [4] in einem hydrogeologisch sensiblen Gebiet entsprechen (vgl. Tab. 14).

Im Rahmen der Studie des Umweltbundesamtes „Recyclingbaustoffe – Regelung der Umweltverträglichkeit [5] wurden „Allgemeinen Qualitätscharakteristika“ festgelegt (Tabelle 6). Es wird erwähnt [9], dass bei Einhaltung der in Tabelle 14 angeführten Parameter davon ausgegangen werden kann, dass auch die in Tabelle 6 aufgelisteten Qualitätsanforderungen erfüllt werden, was im Fall der EOS Marienhütte mit Ausnahme der Aluminium- und Bariumgehalte zutrifft. Es wird in diesem Zusammenhang angeführt, dass im Falle des begründeten Zweifels an der Einhaltung der allgemeinen Qualitätscharakteristika auf Verlangen der Behörde für die betreffenden Parameter vom Hersteller die Einhaltung dieser Qualitäten nachzuweisen ist.

Ein Vergleich mit Eluatkonzentrationen, entnommen dem Merkblatt 20 der LAGA, bestätigt eine Zuordnung zu der Einbauklasse Z 0, welche einen uneingeschränkten Einbau für die EOS Marienhütte ermöglichen würde (Tabelle 16).

Eine Gegenüberstellung der Eluatkonzentrationen der EOS-Marienhütte mit Grenzwerten aus der Trinkwasserverordnung (Tabelle 17) zeigt, dass mit Ausnahme des pH-Wertes und der Aluminium-Konzentration alle Anforderungen erfüllt wären. Die Grenzwerte dieser Verordnung sind jedoch keine Grenzwerte für Schadstoffgehalte im Eluat, sondern regeln die Anforderungen an die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. Aus diesem Grund können die Grenzwerte aus unserer Sicht nicht unmittelbar hinsichtlich der Umweltverträglichkeit der Elektroofenschlacke herangezogen werden. Jedoch geben sie ein Maß für die Größenordnung einer potentiellen Wasserkontamination vor und in diesem Zusammenhang ist kein Gefährdungspotential für das Grund- bzw. Trinkwasser zu sehen.

Die Ergebnisse der Generaluntersuchungen der FEhS zeigen sehr deutlich für alle aufgelisteten Parameter, dass die EOS Marienhütte stets im Bereich der Mittelwerte der untersuchten internationalen Schlacken liegt und keinerlei Auffälligkeiten zeigt.

### 4.2 Einhaltung von Umweltkriterien und Grenzwerten

Generell ist für Eisenhüttenschlacke ein basischer pH-Wert im Eluat charakteristisch und zudem können gegenüber vergleichbaren Primärprodukten potentiell erhöhte Schwermetalle, insbesondere Chrom, vorliegen (hier: Aluminium, Barium). In einem Gutachten vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung [10] über die „*Voraussetzungen für die Verwertung von Eisenhüttenschlacken in der Bauindustrie aus abfallwirtschaftlicher Sicht*“ wird angemerkt, dass eine Deponierung der hochwertigen Nebenprodukte der Stahlindustrie aus abfallwirtschaftlicher Sicht abzulehnen ist und die Schlackeverwertung mit zahlreichen ökologischen und ökonomischen Vorteilen verbunden ist. So wird festgestellt (Zitat): „*Durch die jahrzehntelange Praxis der Verwertung von Eisenhüttenschlacke insbesondere im*

*Straßenbau kann das Funktionieren einer umweltverträglichen Verwertung an zahlreichen Beispielen im In- und Ausland dokumentiert werden“.*

In den Jahren 1994 und 1997 wurden von Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Rechtsabteilung 3, Stellungnahmen zum Einbringen von Elektroofenschlacke als Baustoff verfasst (Kapitel 5.1: Vom Auftraggeber übergebene Unterlagen). In beiden zitierten Schreiben wurde ausdrücklich darauf hingewiesen, dass gegen eine Verwendung von EOS der Firma Marienhütte GmbH gemäß ihrem Auslaugverhalten außerhalb von Schutz- und Schongebieten aus wasserrechtlicher Sicht kein Einwand besteht. Eine wasserrechtliche Bewilligungspflicht für eine derartige Maßnahme wäre nicht erforderlich, da, wenn überhaupt, Einwirkungen lediglich als geringfügig anzusehen sind. Ein chem.-techn. Amtssachverständiger der Wasserrechtsbehörde hat angemerkt, dass hinsichtlich des relativ stark alkalischen pH-Wertes (durchschnittlich 11,3) Auswirkungen nur dann zu erwarten wären, wenn die Sickerwässer in ein Oberflächengewässer eingebracht werden. Auf das Grundwasser wirke sich der erhöhte pH-Wert kaum aus. Der Vergleich der Eluatkonzentrationen der EOS Marienhütte aus dem Jahr 1996 mit Werten von 2008 sowie 2009 haben deutlich gezeigt, dass hinsichtlich der Qualität und Umweltverträglichkeit keine signifikanten Änderungen bzgl. der untersuchten Umweltparameter beobachtbar sind.

Zudem ist anzumerken, dass mittels einer Studie des FEhS die Ökotoxizität von Eisenhüttenschlacken beurteilt wurde [11]. Einerseits wurde die Auswirkung der Eluate der Schlacken auf Wasserorganismen und Leuchtakterien und andererseits der Einfluss von Feststoffproben auf Säugetiere (Ratten) untersucht. Die untersuchten Eisenhüttenschlacken weisen keine Überschreitungen der in der EG-Richtlinie 67/548/EWG aufgeführten Grenzwerte, die für die Einstufung von Stoffen hinsichtlich der akuten oralen Säugetiertoxizität und der Giftigkeit gegenüber Wasserorganismen relevant sind, auf.

### **Schlussfolgerung**

Im Rahmen dieser **Gutachterlichen Stellungnahme** kommen wir anhand der Vergleiche auf Basis der uns zur Verfügung gestellten Daten zu dem Schluss, dass im Hinblick auf die Einhaltung umweltrelevanter Kriterien der Einsatz der Elektroofenschlacke des Stahl- und Walzwerks Marienhütte GmbH in Graz im Straßenbau prinzipiell möglich ist. Die Verwendung der EOS als Gesteinskörnung für ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische für den Ingenieur- und Straßenbau gemäß ÖNORM EN 13242 ist aus unserer Sicht unbedenklich.

### **Begründung**

Unsere Aussage stützen wir auf die zeitliche Beständigkeit der Qualität der Schlacke, auf die Einhaltung der Höchstanforderung gemäß der umwelttechnischen Klassifizierung der Richtlinie für Recyclingbaustoffe sowie der Stellungnahmen der Steiermärkischen Landesregierung. Der Vergleich mit den in der Erhebung vom Umweltbundesamt untersuchten Recyclingbaustoffen zeigt – mit Ausnahme der Parameter Aluminium und Barium - die gut übereinstimmende Qualität der EOS Marienhütte. Aufgrund von praxisnahen Erfahrungen bezüglich Auslaugverfahren wurde verschiedentlich erkannt, dass Ergebnisse aus Laborversuchen nicht ohne weiteres direkt auf reale Bedingungen im Feld bzgl.



---

auslaugbarer Anteile im Reststoff übertragen werden können. Die Entkräftung der Umweltgefährdung begründen wir mit Ergebnissen aus einem Forschungsvorhaben zum „Langfristigen Verhalten von Stahlwerksschlacken im ländlichen Wegebau“, durchgeführt vom Institut für Baustoff-Forschung (FEhS) [12]. In diesem Rahmen wurden umfassende Untersuchungen zum Auslaugverhalten u.a. von Elektroofenschlacke durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass Versuche unter Laborbedingungen (z.B. Schüttelversuch gemäß DIN 38414-4) teilweise messbaren Konzentrationen umweltrelevanter Parameter bedingen können. Diese Parameter zeigen jedoch unter realen Einbaubedingungen an einer Versuchsstrecke im Feld unauffällige Konzentrationen. Auch konnte im Rahmen dieses Forschungsvorhabens keine Verlagerung stofftypischer Inhaltsstoffe durch Verstaubung der Oberfläche des Versuchsweges nachgewiesen werden. Wir sehen daher auch keine Umweltgefährdung im Hinblick auf eine Überschreitung des Parameters Aluminium im Vergleich zur Trinkwasserverordnung.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] ÖNORM EN 13242 (2008). Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische für Ingenieur- und Straßenbau.
- [2] ÖNORM B 3132 (2009). Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische für Ingenieur- und Straßenbau - Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 13242.
- [3] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2006). Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006. Abteilung VI/3; Stubenbastei 5, 1010 Wien.
- [4] Baustoffrecyclingverband Österreich (2009). Richtlinie für Recyclingbaustoffe. 8. Auflage. Wien.
- [5] Grech, H.; Oliva, J.; Scheibengraf, M.; Angerer, Th. (2002). Recyclingbaustoffe – Regelung der Umweltverträglichkeit. Umweltbundesamt, Wien. Endbericht erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Fachliche Betreuung seitens des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Eberl, H.-Ch.
- [6] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) (2003). Mitteilung 20 – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen. Technische Regeln - (Stand 6. November 2003).
- [7] Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich (2001). BGBl. II Nr. 304/2001 Verordnung des Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TWV).
- [8] Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien (2008). BGBl. II Nr. 39/2008 (Deponieverordnung).
- [9] Baustoffrecyclingverband Österreich (2007). Richtlinie für Recyclingbaustoffe. 7. Auflage. Wien.
- [10] Mitterwallner, J. (2007). Voraussetzung für die Verwertung von Eisenhüttenschlacken in der Bauindustrie aus abfallwirtschaftlicher Sicht. Gutachten erstellt in der FA19D (Amt der Steiermärkischen Landesregierung), Graz.
- [11] Iffland, H.; Bialucha, R. (2004). Eisenhüttenschlacken, ökotoxikologisch unbedenklich. Institut für Baustoffforschung (FehS), Report, 11. Jahrgang Nr. 2, Seite 1-2, ISSN 0948-4795.
- [12] Bialucha, R.; Dohlen, M. (2008) Langfristiges Verhalten von Stahlwerksschlacken im ländlichen Wegebau. Institut für Baustoffforschung (FehS), Report, 15. Jahrgang Nr. 1, Seite 11 – 15, ISSN 0948-4795.

## 5.1 Vom Auftraggeber übergebene Unterlagen

Jahr	Dokument
10.11.1994	Schreiben der Steiermärkischen Landesregierung bezüglich Einbringung von Elektroofenschlacke als Baustoff im Straßenbau GZ 3-33.21 S 41 – 94/2
26.08.1996	Prüfbericht der B.A.R.B.A.R.A Leobener Umwelttechnik GmbH
29.08.1997	Schreiben der Steiermärkischen Landesregierung bezüglich Einbringung von Elektroofenschlacke als Baustoff im Straßenbau GZ 03-33.21 S 41 – 97/3
14.09.2009	Prüfbericht der MAPAG GmbH (Gumpoldskirchen), Staatlich akkreditierte Prüf- und Überwachungsstelle für Baustoffuntersuchungen und Umweltanalytik, Generaluntersuchung
10.11.2009	Institut für Baustoffforschung (FEhS) Generaluntersuchung EhS – AK „Umwelt“; Bilucha, R.; Dohlen, M.

## 6 Anhang

### 6.1 Tabellen

Tabelle 1: Eluatkonzentrationen untersuchter Parameter, entsprechende Analysemethoden und Messwerte (B.A.R.B.A.R.A Leobener Umwelttechnik) nach Zerkleinerung im Backenbrecher auf < 10 mm

Untersuchte Parameter	Analysemethoden	Messwert
pH-Wert	DIN 38404-T5	11,1
Elektrische Leitfähigkeit	ÖNORM EN 27888	101 mS/m
CSB	ÖNORM M6265	< 15 mg/l
TOC	DIN 38409-T18	< 0,1 mg/l
PAK	DIN 38407-T8	0,18 mg/l
Chlorid	ÖNORM M 6283	3,9 mg/l
Sulfat	ÖNORM M 6283	5,2 mg/l
Blei	ÖNORM M 6279	< 0,02 mg/l
Chrom (gesamt)	ÖNORM M 6279	0,07 mg/l
Kupfer	ÖNORM M 6279	< 0,01 mg/l
Nickel	ÖNORM M 6279	< 0,01 mg/l

Tabelle 2: Eluatkonzentrationen untersuchter Parameter, entsprechende Analysemethoden und Messwerte (MAPAG GmbH, Gumpoldskirchen) nach der Zerkleinerung im Backenbrecher auf < 10 mm

Untersuchte Parameter	Analysemethoden	Messwert – Mittelwerte (Tagesmischprobe TMP)
pH-Wert	DIN 38404-5	11,3
Elektrische Leitfähigkeit	ÖNORM EN 27888	38,3 mS/m
AOX	ÖNORM EN ISO 9562	< 0,01 mg/l
KW-Index	ÖN EN ISO 9377-2	< 0,1 mg/l
PAK	ÖNORM EN ISO 17993	< 0,001 mg/l
TOC	ÖNORM EN 1484	< 1 mg/l
Chlorid	ÖNORM EN ISO 10304-1	1,0 mg/l
Cyanid	DIN 38405-14	< 0,002 mg/l
Fluorid	ÖNORM EN ISO 10304-1	0,74 mg/l
Nitrat-N	ÖNORM EN ISO 10304-1	< 0,23 mg/l
Nitrit-N	ÖNORM EN 26777	0,005 mg/l
Phosphat - P	ÖNORM EN ISO 6878	0,008 mg/l
Sulfat	ÖNORM EN ISO 10304-1	5,95 mg/l

Sulfid	DIN 38405-26	< 0,1 mg/l
Aluminium	ÖNORM EN ISO 11885	9,4 mg/l
Ammonium-N	DIN 38406-5	< 0,08 mg/l
Antimon	ÖNORM EN ISO 11885	< 0,006 mg/l
Arsen	ÖNORM EN ISO 11885	< 0,01 mg/l
Barium	ÖNORM EN ISO 11885	0,4 mg/l
Beryllium	ÖNORM EN ISO 11885	< 0,001 mg/l
Blei	ÖNORM EN ISO 11885	< 0,01 mg/l
Chrom (gesamt)	ÖNORM EN ISO 11885	< 0,01 mg/l
Cadmium	ÖNORM EN ISO 11885	< 0,001 mg/l
Calcium	ÖNORM EN ISO 14911	33,0 mg/l
Chrom VI	DIN 38405-24	< 0,01 mg/l
Cobalt	ÖNORM EN ISO 11885	< 0,01 mg/l
Eisen	ÖNORM EN ISO 11885	0,05 mg/l
Kupfer	ÖNORM EN ISO 11885	< 0,01 mg/l
Magnesium	ÖNORM EN ISO 14911	< 1,0 mg/l
Mangan	ÖNORM EN ISO 11885	< 0,01 mg/l
Molybdän	ÖNORM EN ISO 11885	0,027 mg/l
Nickel	ÖNORM EN ISO 11885	< 0,01 mg/l
Quecksilber	ÖNORM EN 1483	< 0,0002 mg/l
Selen	ÖNORM EN ISO 11885	< 0,01 mg/l
Silber	ÖNORM EN ISO 11885	< 0,01 mg/l
Thallium	ÖNORM EN ISO 11885	< 0,01 mg/l
Vanadium	ÖNORM EN ISO 11885	0,067 mg/l
Zink	ÖNORM EN ISO 11885	< 0,02 mg/l
Zinn	ÖNORM EN ISO 11885	< 0,01 mg/l

Tabelle 3: Feststoffgehalte untersuchter Parameter und Messwerte (MAPAG GmbH, Gumpoldskirchen) nach der Zerkleinerung im Backenbrecher auf < 10 mm

Untersuchte Parameter	Messwert – Mittelwerte (Tagesmischprobe TMP)
Aluminium	43.012 mg/kg TM
Antimon	1 mg/kg TM
Arsen	6 mg/kg TM
Barium	1.884 mg/kg TM
Blei	9 mg/kg TM
Cadmium	0,5 mg/kg TM
Chrom (gesamt)	1.856 mg/kg TM
Cobalt	13 mg/kg TM

Kupfer	543 mg/kg TM
Molybdän	38 mg/kg TM
Nickel	99 mg/kg TM
Quecksilber	0,1 mg/kg TM
Silber	5 mg/kg TM
Wolfram	188 mg/kg TM
Zink	143 mg/kg TM
Zinn	29 mg/kg TM

Tabelle 4: Eluatkonzentrationen ausgewählter Parameter der EOS Marienhütte, Charakterisierung 1996 (B.A.R.B.A.R.A Leoben) sowie 2008/2009 (MAPAG GmbH Gumpoldskirchen - MW Tagesmischproben), max. Werte in grau

Untersuchte Parameter	Dimension	1996	2008	2009
pH-Wert	-	11,1	11,3	11,2
Elektrische Leitfähigkeit	mS/m	101	36,6	40,0
TOC	mg/l	< 0,1	< 1	< 1
PAK	µg/l	0,18	< 1	
Chlorid	mg/l	3,9	1,0	0,1
Sulfat	mg/l	5,2	5,2	6,7
Blei	mg/l	< 0,02	< 0,01	< 0,01
Chrom (gesamt)	mg/l	0,07	< 0,01	< 0,01
Kupfer	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Nickel	mg/l	<0,01	< 0,01	< 0,01

Tabelle 5: Eluatgehalte (Grenzwerte) untersuchter Parameter für Recycling-Baustoffe zur Regelung der Umweltverträglichkeit (Richtlinie für Baustoffrecycling)

Untersuchte Parameter	Dimension	Qualitätsklasse		
		A+	A	B
pH-Wert	-	7,5-12,5	7,5-12,5	7,5-12,5
Elektrische Leitfähigkeit	mS/m	150	150	150
KW-Index	mg/kg TM	1	3	5
PAK	mg/kg TM	4	12	20
Nitrit-N	mg/kg TM	0,5	1	2
Sulfat	mg/kg TM	1.500	2.500	6.000
Ammonium-N	mg/kg TM	1	4	8
Chrom (gesamt)	mg/kg TM	0,3	0,5	1,0
Kupfer	mg/kg TM	0,5	1	2

Tabelle 6: Eluatgehalte untersuchter Parameter von Recyclingbaustoffen (Studie Umweltbundesamt bez. Recyclingbaustoffe )

Untersuchte Parameter	Dimension	Minimum	Median	Maximum
pH-Wert	-	9,6	10,9	11,7
Elektrische Leitfähigkeit	mS/m	10,4	50,6	132
AOX	mg/kg TM	< 0,050	< 0,050	0,131
TOC	mg/kg TM	21,8	44,8	78,5
KW-Index	mg/kg TM	k.A.	k.A.	0,92
MBAS	mg/kg TM	< 0,10	0,11	0,21
Chlorid	mg/kg TM	16,2	39,3	130
Nitrat-N	mg/kg TM	0,4	4,5	11
Nitrit-N	mg/kg TM	0,173	0,535	0,972
Phosphat - P	mg/kg TM	0,36	0,66	2,35
Sulfat	mg/kg TM	105	317	2.721
Aluminium	mg/kg TM	2,4	8,2	24
Ammonium-N	mg/kg TM	0,031	0,703	1,41
Arsen	mg/kg TM	< 0,005	0,006	0,024
Barium	mg/kg TM	< 0,25	< 0,25	0,38
Beryllium	mg/kg TM	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Blei	mg/kg TM	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cadmium	mg/kg TM	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Calcium	mg/kg TM	130	630	1.060
Chrom (gesamt)	mg/kg TM	< 0,05	0,15	0,27
Cobalt	mg/kg TM	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Eisen	mg/kg TM	< 0,05	< 0,05	0,29
Kalium	mg/kg TM	22	66	249
Kupfer	mg/kg TM	< 0,1	< 0,1	0,24
Magnesium	mg/kg TM	< 0,25	1,07	8,91
Mangan	mg/kg TM	< 0,005	< 0,005	0,01
Natrium	mg/kg TM	20	44	100
Nickel	mg/kg TM	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Quecksilber	mg/kg TM	< 0,001	< 0,001	0,001
Selen	mg/kg TM	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Silber	mg/kg TM	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Thallium	mg/kg TM	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Vanadium	mg/kg TM	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Zink	mg/kg TM	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Zinn	mg/kg TM	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Tabelle 7: Feststoffgehalte untersuchter Parameter von Recyclingbaustoffen (Studie Umweltbundesamt bez. Recyclingbaustoffe)

Untersuchte Parameter	Dimension	Minimum	Median	Maximum
Aluminium	mg/kg TM	2.910	4.700	7.680
Antimon	mg/kg TM	< 2	< 2	< 2
Arsen	mg/kg TM	< 5	< 5	< 5
Barium	mg/kg TM	22	40	83
Beryllium	mg/kg TM	0,11	0,19	0,33
Blei	mg/kg TM	3,9	5,6	24
Bor	mg/kg TM	< 5	< 5	5,4
Cadmium	mg/kg TM	0,07	0,08	0,15
Calcium	mg/kg TM	91.000	128.000	184.000
Chrom (gesamt)	mg/kg TM	8	14	27
Cobalt	mg/kg TM	13	17	35
Eisen	mg/kg TM	4.180	5.690	17.040
Kupfer	mg/kg TM	< 8	8,6	34
Magnesium	mg/kg TM	26.000	39.000	71.000
Mangan	mg/kg TM	162	271	363
Molybdän	mg/kg TM	< 1	< 1	1
Nickel	mg/kg TM	7	14	29
Quecksilber	mg/kg TM	0,01	0,04	0,1
Selen	mg/kg TM	< 2	< 2	< 2
Silber	mg/kg TM	< 2	< 2	< 2
Thallium	mg/kg TM	< 2	< 2	< 2
Vanadium	mg/kg TM	13	14	21
Zink	mg/kg TM	16	21	62
Zinn	mg/kg TM	2,5	2,9	5,7

Tabelle 8: Eluatkonzentrationen untersuchter Parameter, Vorsorgewerte Merkblatt 20 (LAGA) für Recyclingbaustoffe/nicht aufbereiteter Bauschutt

Untersuchte Parameter	Dimension	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH-Wert	-	7-12,5			
Elektrische Leitfähigkeit	mS/m	500	1.500	2.500	3.000
Phenol-Index	mg/l	< 0,01	0,01	0,05	0,1
Chlorid	mg/l	10	20	40	150
Sulfat	mg/l	50	150	300	600
Arsen	mg/l	0,01	0,01	0,04	0,05
Blei	mg/l	0,02	0,04	0,1	0,1
Cadmium	mg/l	0,002	0,002	0,005	0,005
Chrom (gesamt)	mg/l	0,015	0,03	0,075	0,1