

Rückgewinnung kritischer Metalle und Produktion von Baustoffen aus EDS-Gestein in Österreich

Wolfgang Kremsl

1.	Vorstellung <i>Harsco</i>	491
2.	EDS-Gestein und seine Eigenschaften	491
2.1.	Chemische Eigenschaften	492
2.2.	Mineralogische Eigenschaften	493
2.3.	Metallgehalte und Legierungselemente	494
3.	Gewinnung von Metallen und kritischen Rohstoffen aus EDS-Gesteinen.....	494
3.1.	Definition kritische Rohstoffe	494
3.2.	Gewinnung von Metallen und kritischen Rohstoffen.....	494
3.3.	Ressourcenschonung durch die Rückgewinnung	496
4.	Baustoffe aus EDS-Gestein.....	497
4.1.	Österreichische Gesetzgebung	497
4.2.	Mischgut für Asphalt, Straßenbau	498
4.3.	Bergversatzprodukt.....	499
4.4.	Zuschlagstoff für Betonerzeugung.....	499
5.	ZERO Waste Strategie.....	499
6.	Zusammenfassung	500
7.	Quellen	501

Unsere Erde ist mit Vulkanen überzogen. Durch den Vulkanismus wird Magma an die Erdoberfläche gefördert. Magma ist eine Gesteinsschmelze die in Teilen des oberen Erdmantels und der tieferen Erdkruste vorkommt. Je nach Abkühlgeschwindigkeit bilden sich Plutonite (langsame Abkühlung) oder Vulkanite (schnelle Abkühlung). Zu den Plutoniten zählt unter anderem Granit, zu den Vulkaniten unter anderem Basalt [6, 9]. Beides sind sogenannte natürliche Gesteine.



Bild 1: Vulkanausbruch Stromboli



Bild 2: Auskippen Schlackekübel

Quelle: Wikipedia

Die Vorgänge im Vulkanismus finden sich in sehr stark verkürzter Form in unseren metallurgischen Herstellungs- und Verarbeitungsprozessen wieder. Dabei entstehen neben den Metallen als Hauptprodukt, synthetische oder industrielle Gesteine [6] als Nebenprodukt. Dieses Nebenprodukt ist besser bekannt unter Eisenhüttenschlacken (EHS). Eine Art der Eisenhüttenschlacke ist die Edelstahlschlacke (EDS) die bei der Herstellung von Edelstahl entsteht. Wir sprechen in weiterer Folge also vom EDS-Gestein.

Das österreichische Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002) [3] führt unter Ziele und Grundsätze u.a. an, dass Ressourcen (Rohstoffe, Wasser, Energie, Landschaft, Flächen, Deponievolumen) geschont werden sollen. Bei der stofflichen Verwertung von Abfällen oder aus ihnen gewonnenen Stoffen sollen diese kein höheres Gefährdungspotential aufweisen als vergleichbare Primärrohstoffe oder Produkte aus Primärrohstoffen. Dem AWG 2002 liegt folgende Hierarchie zugrunde:

- 1.) Abfallvermeidung;
- 2.) Vorbereitung zur Wiederverwendung;
- 3.) Recycling;
- 4.) sonstige Verwertung, z.B. energetische Verwertung;
- 5.) Beseitigung.

Die Richtlinie 2008/98/EG des europäischen Parlaments und des Rates [17] führt unter *Gegenstand und Anwendungsbereich* unter anderem aus, das die Gesamtauswirkungen der Ressourcennutzung reduziert und die Effizienz der Ressourcennutzung verbessert werden soll.

Eine Deponierung von Abfällen soll erst erfolgen, wenn alle Möglichkeiten einer Wiederverwendung, eines Recyclings oder sonstiger Verwertungen ausgeschöpft sind. Mit dieser Zielsetzung und ihrer jahrelangen Erfahrung im Bereich der Schlacke Verwertung schloss Harsco mit Böhler Edelstahl GmbH & Co KG (Böhler) und Breitenfeld Edelstahl AG (Breitenfeld) einen Vertrag über die Verwertung deren EDS-Gestein, welches bisher deponiert wurde, ab.

1. Vorstellung Harsco

Die Firma Harsco Metals&Minerals ist weltweit größter Dienstleister im Bereich der Stahlindustrie. Das Unternehmen gewährleistet in Stahlwerken die interne Logistik von Rohstoffen und Nebenprodukten. Ein weiteres Hauptaufgabengebiet ist die nachhaltige Verwertung der in den Stahlwerken anfallenden Nebenprodukte wie Schlacken, Stäube und dgl.

Ziele bei der Verwertung von Stahlwerksschlacken sind:

- 1.) Rückgewinnung von Metallen und kritischen Rohstoffen,
- 2.) Verwertung des SWS-Gesteins als Baustoff, Zuschlagstoff usw.

Harsco Minerals Austria GmbH betreibt seit 2013 eine Verwertungsanlage für EDS-Gestein in St. Barbara im Mürztal/Steiermark/Österreich.

2009 konnte mit Böhler und Breitenfeld ein Verwertungsvertrag über deren EDS-Gestein abgeschlossen werden mit den Hauptzielen

- 1.) Schonung von Deponievolumen durch Verwertung des EDS-Gestein als Baustoff,
- 2.) Rückgewinnung der enthaltenen Metalle und kritischen Rohstoffe.

Das Investitionsvolumen betrug 13 Mio. Euro und nach einem mehrjährigen AWG Genehmigungsverfahren konnte im September 2013 eine zweistufige Aufbereitungsanlage in St. Barbara, im steirischen Mürztal, in Betrieb genommen werden.

2. EDS-Gestein und seine Eigenschaften

Die Herstellung von Edelstahl in den Stahlwerken Böhler und Breitenfeld erfolgt in Elektrolichtbogenöfen (EAF) und diversen nachgeschalteten Aggregaten der sekundär Metallurgie wie Pfannenöfen, VOD, VID etc. Die daraus entstehenden synthetischen Gesteine sind Elektroofenschlacken (EOS-Gestein) mit der österreichischen Abfall-Schlüssel Nr. 31218. Pro Jahr fallen in beiden Stahlwerken etwa 70.000 Tonnen an EDS-Gestein an.

2.1. Chemische Eigenschaften

Die Hauptkomponenten von EDS-Gestein sind in absteigender Reihenfolge CaO, SiO₂, MgO und Al₂O₃. Nebenkomponenten von EDS-Gestein sind neben FeO insbesondere die Stahlveredler MnO und Cr₂O₃. Das verarbeitete EDS-Gestein ist mit typischen Zusammensetzungen von EDS-Gesteinen [7] vergleichbar und zeigt keine besonderen Auffälligkeiten (Tabelle 1). Durch die verschiedenen Verarbeitungsstrategien können die Schwermetallgehalte etwas variieren. Die durch Aufbereitung des EDS-Gesteins erzeugten Fraktionen sind teilweise äußerst reich an Mg, wodurch die Bildung von stabilem Magnesiochromit (MgCr₂O₄) gefördert wird [4], andererseits sind sie teilweise äußerst reich an Fe, wodurch analog zum Mg-Gehalt die Bildung von Cr-Spinellen, in diesem Fall des Chromit (FeCr₂O₄) gefördert wird [15].

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung der EDS-Gesteine

Parameter	Erfahrungsbereich		verarb. EDS-Gestein	
	min	max	min	max
	Ma.-%			
CaO	25,0	56,0	29,4	46,2
SiO ₂	14,0	33,0	17,1	21,8
MgO	4,6	12,3	3,5	15,0
Al ₂ O ₃	1,5	9,6	4,3	6,3
Cr ₂ O ₃	0,5	20,4	0,8	2,1
Fe _{ges}	0,7	10,4	5,5	25,3
MnO	0,4	6,8	1,9	3,8

Zur Beurteilung einer möglichen der Umweltbeeinträchtigung von Sekundärrohstoffen werden in Österreich einerseits die Gehalte im Feststoff (Gesamtgehalt mit Königswasseraufschluss) als auch die Gehalte im Eluat (L/S 1:10) herangezogen. In Tabelle 2 wird die Schwankungsbreite von Chrom im Feststoffgehalt und Eluat des verarbeiteten EDS-Gesteins dargestellt.

Tabelle 2: Vergleich Gesamtgehalte und Eluatgehalte von EDS-Gestein

Parameter	Gesamtgehalt			Eluatgehalt		
	min.	Mittelwert	max.	min.	Mittelwert	max.
Chrom _{ges}	1.624	6.495	13.900	0,10	0,47	0,83

Die höheren Legierungsbestandteile in den Edelstählen erzeugen auch entsprechend hohe Gesamtgehalte wie z.B. Chrom im EDS-Gestein. Gesamtgehalte ermöglichen grundsätzlich Information über die vorhandene Menge an Schadstoffen. Die Sinnhaftigkeit einer Bewertung von Gesamtgehalten in Bezug auf industrielle Gesteine z.B. SWS-Gestein wird in Frage gestellt [14]. Bild 3 zeigt die Korrelation von Gesamtgehalt zu Eluatgehalt aus Analysen von EDS-Gestein. Es ist kein Zusammenhang zwischen Gesamtgehalt und Eluatgehalt weder bei Chrom noch bei anderen Schwermetallen im EDS-Gestein feststellbar!

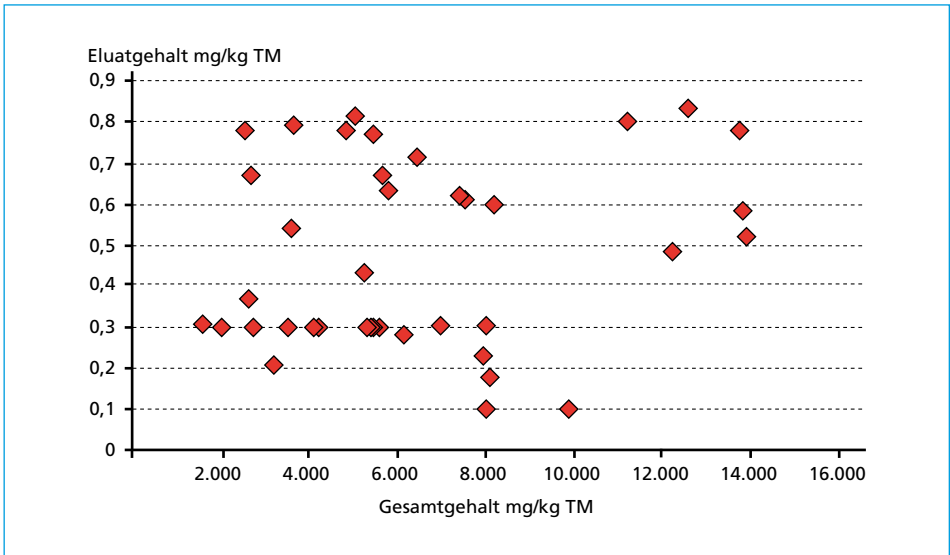


Bild 3: Korrelation Gesamtgehalt zu Eluatgehalt am Beispiel Chrom gesamt

Das Auslaugungsverhalten von SWS-Gestein spielt in Hinblick auf die Umweltauswirkungen eine große Rolle. Zurzeit wird in Österreich aber auch der Gesamtgehalt als Maß für die Umweltauswirkungen von SWS-Gestein herangezogen. Obwohl der Gesamtgehalt die maximal freisetzbare Stoffmenge darstellt, ist die Annahme einer vollständigen Auflösung des industriellen Gesteins unter Einsatzbedingungen im Bauwesen aufgrund der Mineralogie nahezu unmöglich. Die Auslaugbarkeit wird in erster Linie durch die vorhandenen Mineralphasen bestimmt [14]. Der Gesamtgehalt stellt somit kein Maß für die Umweltauswirkungen von EDS-Gestein dar und sollte nicht zur Grenzwertregelung für die Verwertung von EDS-Gestein herangezogen werden.

2.2. Mineralogische Eigenschaften

EDS-Gesteine weisen einen sehr hohen Chrom-Gehalt auf. Untersuchungen haben gezeigt, dass dieses Chrom in Form von chromreichen Spinellen $(\text{Fe,Mg})(\text{Cr,Al})_2\text{O}_4$ im EDS-Gestein gebunden sind. Es existieren zwei bedeutsame Spinelle: Chromit, $\text{FeCr(III)}_2\text{O}_4$ und Magnesiochromit, $\text{MgCr(III)}_2\text{O}_4$ [10]. Die Löslichkeit von Chromit ist unter natürlichen Bedingungen äußerst gering [2]. Einen wesentlichen Einfluss auf die Löslichkeit hat die Kristallchemie der Spinelle. Die Substitution von Sauerstoff durch Fluor in der Spinellstruktur kann die Freisetzung von Chrom negativ beeinflussen [14]. Die Verteilung der chemischen Elemente innerhalb der einzelnen Mineralphasen ist ebenfalls von Bedeutung. Spinelle, die aus einem Aluminium-reichen Rand und einem Chrom-reichen Kern bestehen, sind z.B. in Bezug auf Auslaugung vorteilhafter als Spinelle mit einer homogenen Chrom-Aluminium-Verteilung. Grund dafür ist, dass der Aluminiumreiche Randbereich den Chromreichen Kern vor dem Kontakt mit der wässrigen Lösung schützt [14].

Die Löslichkeit von primären und sekundären synthetischen Gesteinsphasen hängt im Allgemeinen vom pH-Wert, dem Redoxpotential sowie von der Gesamtheit der in der Lösung vorhandenen Elemente ab. Bei der Einstellung eines Gleichgewichts mit EDS-Gestein stellen sich im Allgemeinen hoch alkalische Bedingungen ein. Mit steigendem pH-Wert nimmt die Löslichkeit vieler Mineralphasen in EDS-Gestein ab, weshalb selbst im Falle einer anfänglichen Mobilisierung mit einer späteren Re-Fixierung in Mineralneubildungen gerechnet werden kann. [10].

Als Beurteilungskriterium für mögliche Umweltauswirkungen bei der Verwertung von EDS-Gesteinen sind neben dem Auslaugverhalten weitere Parameter wie pH-Wert der vorliegenden Wässer als auch das Redox-Potential von Bedeutung.

2.3. Metallgehalte und Legierungselemente

EDS-Gestein enthält bis zu zehn Prozent reines gewinnbares Metall. Aus dem Herstellungsprozess von Edelstahl ergeben sich die entsprechenden Legierungsbestandteile der im EDS-Gestein enthaltenen Metalle. Diese wesentlichsten Elemente darunter sind Eisen, Nickel, Mangan, Molybdän, sowie die kritischen Rohstoffe Chrom, Wolfram und Vanadium.

Die Qualität, also der Anteil enthaltener Legierungselemente im gewinnbaren Metall, ist direkt von den im Herstellungsprozess erzeugten Qualitäten der Edelstähle abhängig.

3. Gewinnung von Metallen und kritischen Rohstoffen aus EDS-Gesteinen

3.1. Definition kritische Rohstoffe

Als kritische Rohstoffe werden jene Rohstoffe bezeichnet, welche von hoher wirtschaftlicher Bedeutung sind, bei welchen jedoch kein freier und fairer Zugang zu Rohstoffen auf dem Weltmarkt sowie keine dauerhafte Versorgung aus den Rohstoffquellen innerhalb Europas gegeben sind.

Kritische Rohstoffe sind [8]:

Antimon, Borat, Chrom, Flussspat, Gallium, Germanium, Graphit, Indium, Kobalt, Koks-kohle, Magnesit, Magnesium, Niobium, PGE (z.B. Platin, Rhodium, Palladium), Phosphat-Gestein, metallisches Silizium, Seltene Erden (REE) leicht und schwer, Vanadium, Wolfram

3.2. Gewinnung von Metallen und kritischen Rohstoffen

Die Art der Gewinnung der Metalle aus dem EDS-Gestein ist abhängig von der Verwertungsstrategie des EDS-Gesteins. Steht die Metall-Rückgewinnung im Vordergrund, so wird das EDS-Gestein zu Pulver zermahlen. Über ein Nass-Trennverfahren werden anschließend die enthaltenen Metalle >95 Prozent wieder gewonnen. Steht jedoch die Verwertung des EDS-Gesteins z.B. als Straßenbaumaterial im Vordergrund, so

ist nur eine grobe Aufschließung gewünscht. Mit einer Kombination aus manueller Sortierung und einem Nass-Trennverfahren, sogenannte Setzmaschinen oder auch JIG´s genannt, werden bis zu 2/3 der enthaltenen Metalle gewonnen. 1/3, kleine und kleinste Metallteile, verbleiben im EDS-Gestein.

Die Metall-Rückgewinnung und der daraus erzielte Verkaufserlös, ist ein wichtiger Bestandteil der Wirtschaftlichkeit einer EDS-Gesteinsaufbereitung.

Die EDS-Gesteinsaufbereitung

In der ersten Stufe, der Brecher Anlage, wird das EDS-Gestein gebrochen und gesiebt. Über eine Handsortierung werden größere Metallteile aus dem EDS-Gestein gewonnen und dem Recycling zugeführt. Aus der ersten Aufbereitungsstufe entsteht die Feinfraktion in der Körnung 0 bis 3 mm als fertiges Produkt. Die Fraktion 3 bis 16 mm geht in die zweite Stufe.



Bild 4: Inputlager EDS-Gestein



Bild 5: Brecher-Anlage mit Sortierkabine



Bild 6: Nassaufbereitung



Bild 7: Fertiges Produkt

In einer zweiten Stufe, der Nassaufbereitung, werden die anhaftenden Feinteile abgewaschen und anschließend durch Ausnützung des spezifischen Gewichtsunterschiedes in Setzmaschinen das schwerere Metall vom leichteren EDS-Gestein getrennt. Das gewonnene Metall wird dem Recycling zugeführt. Die verbleibende Grobfraktion 1,5 bis 16 mm ist ein idealer Baustoff z.B. für den Straßenbau oder Bergversatz.



Bild 8: Handsortiertes Metall

Seit September 2013 konnten 120.000 Tonnen EDS-Gestein verarbeitet werden. Daraus wurden

- über 3.500 Tonnen Metalle und
- über 420 Tonnen kritische Rohstoffe wie Chrom, Vanadium, Wolfram usw.

gewonnen und dem Recycling wieder zugeführt werden.



Bild 9: Metall-Qualifizierung mittels RFA-Pistole



3.3. Ressourcenschonung durch die Rückgewinnung

Durch die Rückgewinnung von Metallen und den darin enthaltenen Legierungselementen werden Primärrohstoffe eingespart und wertvolle Ressourcen geschont. Tabelle 3 zeigt ausgewählte Ressourcen die für die Gewinnung einer Tonne Primärrohstoff verbraucht werden.

Tabelle 3: Ressourcenverbrauch pro Tonne gewonnenes Element

	Einheit	Ni	Cr	Mo	Co	W	Fe
Wasserbedarf	m ³ /t	249,8	37,4	561,0	339,7	148,3	11,9
KEV kumulierter Energieverbrauch	MJ/t	157.771	484.371	148.889	103.009	52.412	21.141
KRA kumulierter Rohstoffaufwand	t/t	133	22	989	57	343	4
Treibhauseffekt	t CO ₂ Äq /t	10,3	26,3	8,6	7,7	2,9	1,5

Quelle: PROBAS, Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Institute

Durch die Rückgewinnung von Metallen und kritischen Rohstoffen konnten somit seit 2013 wertvolle Ressourcen wie

- 12.000 Tonnen CO₂ Äquivalent an Treibhauseffekt,
- 100.000 m³ Wasser,

- 200.000 GJ Energieverbrauch,
- 75.000 Tonnen Rohstoffaufwand,

bei der primären Rohstofferzeugung vermieden werden.

Die Mengen an EDS-Gestein pro Jahr sind im Vergleich zum restlichen SWS-Gestein gering. Das Potential der Ressourcenschonung pro Tonne EDS-Gestein ist mehr als das Doppelte als bei einer Tonne SWS-Gestein. Tabelle 4 zeigt einen Vergleich der Ressourcenschonung pro Tonne Gestein.

Tabelle 4: Vergleich Ressourcenschonung pro Tonne EDS-Gestein bzw. SWS-Gestein

Resource	Einheit	EDS-Gestein pro t	SWS-Gestein pro t
CO ₂ Äquivalent an Treibhauseffekt	t	0,20	0,10
Wasser	m ³	1,67	0,80
Energieverbrauch	GJ	3,33	1,40
Rohstoffaufwand	t	1,25	0,40

Die Rückgewinnung der Metalle und kritischen Rohstoffe ist sehr aufwändig und nur in Verbindung mit der Verwertung des EDS-Gestein als Baustoff wirtschaftlich sinnvoll. Auf Grund der aktuellen gesetzlichen Entwicklung in Österreich (Ausschluss des EDS-Gesteins als Recycling Baustoff) und der somit fehlenden Verwertungsmöglichkeit wurde die EDS-Gesteinsaufbereitung bis auf weiteres eingestellt. zwanzig Mitarbeiter verloren ihren Arbeitsplatz und zehn Mio. Euro an Investitionen mussten vorzeitig abgeschrieben werden. Der Region Mürztal entgehen dadurch etwa 2,5 Mio. Euro an Wirtschaftsleistung pro Jahr. Die Unternehmen Böhler und Breitenfeld müssen wieder etwa 25.000 m³ Deponievolumen pro Jahr *verschwenden* und Metalle und kritische Rohstoffe *wegwerfen*.

4. Baustoffe aus EDS-Gestein

4.1. Österreichische Gesetzgebung

EDS-Gestein wird nach österreichischem Recht grundsätzlich als Abfall eingestuft. Es unterliegt somit dem Abfallwirtschaftsgesetz (AWG 2002) und den damit verbundenen gesetzlichen Bestimmungen. Im Hinblick auf eine wirtschaftlich sinnvolle Verwertung des EDS-Gestein, hat das Altlastensanierungsgesetz (ALSAG) einen wichtigen Einfluss. Dieses regelt unter anderem den Altlastenbeitrag, welcher grundsätzlich für jede Tonne Abfall zu entrichten ist.

Je nach Art der Entsorgung

- die Deponierung (obertägig, untertägig),
- für die Verbrennung sowie
- für die Herstellung von Ersatzbrennstoffen.

sind verschieden hohe Beiträge zu zahlen. EDS-Gestein ist in Österreich ordnungsgemäß einer Reststoffdeponie zuzuführen, wofür 20,60 Euro/Tonne an Altlastensanierungsbeitrag zu entrichten sind.

Ausnahmen für den Altlastensanierungsbeitrag gibt es unter anderem für LD-Schlacken und Elektroofenschlacken, *wenn diese im technisch notwendigen Ausmaß zulässigerweise* für die Herstellung einer Tragschicht mit gering durchlässiger Deckschicht verwendet werden. Darunter würde grundsätzlich auch das EDS-Gestein fallen. Der aktuelle Entwurf der Baustoffrecycling Verordnung schränkt jedoch die Verwendung von LD- und EOF-Gestein weiter ein. Unabhängig von der Grenzwertregelung wird das EDS-Gestein von der Verwendung als Recyclingbaustoff namentlich und ohne Anführung von Gründen ausgeschlossen!

Für jede geplante Verwertungsanwendung des EDS-Gesteins, z.B. als Baustoff für den Bergversatz, ist ein Feststellungsbescheid gem. AWG 2002 §6 Abs. 1 Z 1 in Verbindung mit §5 Abs 1 über das Abfallende bei der zuständigen Behörde zu beantragen. Erst mit einem durch das Umweltministerium bestätigten positiven Bescheid, unterliegt man für die beantragte Verwertung nicht mehr dem Abfallregime und deren gesetzlichen Bestimmungen (z.B. ALSAG).

4.2. Mischgut für Asphalt, Straßenbau

In 14 Ländern Europas und 26 Ländern weltweit verwertet Harsco SWS-Gestein inkl. EDS-Gestein als Baustoff für den Straßenbau. Hier besonders wegen den ausgezeichneten physikalischen Eigenschaften in der gebundenen Trag- und Deckschicht. Durch die wesentlich höheren Standzeiten der Straßenbeläge ergibt sich auch hieraus ein großes Potential zur Ressourcenschonung.

Für den Einsatz von EDS-Gestein als Gesteinskörnung für Asphaltmischgut kommt der Raumbeständigkeit eine wichtige Bedeutung zu. Die enthaltenen freien CaO/MgO expandieren bei Eindringen von Feuchte und könnten die Trag- oder Deckschicht beschädigen. Durch gezielten mehrwöchigen Lagerungs- und Alterungsprozess des EDS-Gesteins, können diese ausreagieren und die Gesteinskörnung wird raumbeständig.

Weitere Anforderungen für die Herstellung von Asphaltmischgut sind die Korn-Form, Affinität zu Bitumen, Widerstand gegen Zertrümmerung, Widerstand gegen Verschleiß, Widerstand gegen Polieren usw. [11]

Die kubische Form des EDS-Gesteins bildet eine gute Verzahnung zwischen den Körnungen und bleibt unter Belastung formstabil. Natürliche Gesteine weisen meist eine flache *Flocken* Form auf. Bei Aufweichen des Bitumens durch Wärmeeinwirkung verschieben sich unter Belastung die Körnungen und die Fahrbahn verformt sich. Eine Spurrillenbildung ist die Folge.

Das Asphaltmischgut ist ein Gemisch zwischen verschiedensten Gesteinskörnungen mit Bitumen. Die Affinität der Gesteinskörnung mit dem Bitumen ist eine wichtige Eigenschaft. EDS-Gestein hat durch seine alkalischen Eigenschaften eine starke Affinität zu Bitumen. Straßenbeläge aus EDS-Gestein erhalten dadurch eine höhere Lebensdauer als Straßenbeläge mit Naturgesteine.

Die Rutschfestigkeit einer Asphaltoberfläche ist ein wichtiger Sicherheitsfaktor von Straßen. Der Haupteinflussfaktor dazu ist die verwendete Gesteinskörnung. Natürliche Gesteine neigen mit der Zeit durch Abrieb glatt zu werden. EDS-Gesteine sind resistenter gegen Abrieb und erhalten über die gesamte Lebensdauer die gleich gute Rutschfestigkeit[11]. Straßen aus EDS-Gesteine sind somit sicherer als jene aus Naturgesteine.

Asphalt Beläge aus EDS-Gesteine sind sehr gut geeignet für industrielle Verkehrsflächen mit Schwerlastbedingungen, für Entwässerungs-Deckschichten oder auch für neue Verschleißschichten auf abgenützten Straßen ohne diese komplett sanieren zu müssen.

Nachdem derzeit in Österreich keine Verwertung des EDS-Gesteins im Straßenbau möglich ist, wurde in Slowenien um eine Zulassung als Baustoff für die gebundene Deckschicht erwirkt. Hierzu wurde ein Feststellungsantrag zur ALSAG-Freiheit im Falle eines Exportes bei der zuständigen Behörde eingebracht.

4.3. Bergversatzprodukt

Der Bergbau unterliegt in Österreich gemäß Mineralrohstoffgesetz (MinroG) der Montanbehörde. Bergbaufremde Abfälle unterliegen dem AWG und somit nicht der Montanbehörde. Für die Verwertung von bergbaufremden Abfällen als Bergversatzprodukt ist somit die Produkteigenschaft eine wesentliche Voraussetzung.

Die guten physikalischen Eigenschaften der EDS-Gesteine machen sie zu einem idealen Produkt für den Bergversatz. Die kubische Form verleiht dem EDS-Gestein eine gute Standfestigkeit. Es bildet somit einen stabilen belastungsfähigen Versatzkörper, welcher sich auch sehr gut als Arbeitsplattformen im Bergbau eignet.

Mehrere Untersuchungen haben ergeben, dass in gebundener Form die Anforderungen an ein Bergversatzmaterial wie z.B. die Druckfestigkeit weit übertroffen werden und der Einsatz für den Pump- oder Spülversatz sehr gut geeignet ist. Auch hier ergibt sich ein großes Potential der Ressourcenschonung an primären Rohstoffen.

Hierzu wurde im August 2014 ein Antrag auf Abfallende für unser Bergversatzprodukt *Fill-MMX* bei der zuständigen Behörde eingebracht.

4.4. Zuschlagstoff für Betonerzeugung

Als Zuschlagstoff für die Betonerzeugung ist das EDS-Gestein > 2 mm für Expositionsclassen bis XC2 und der Festigkeitsklasse C25/30 gut verwertbar. Wie schon bei Mischgut für Asphalt ist hier ein wesentlicher Faktor die Raumbeständigkeit. Ein vorgeschalteter Lagerungs- und Alterungsprozess des EDS-Gesteins ist erforderlich. Auf Grund ihres hohen spezifischen Gewichts wäre das EDS-Gestein bestens als Schwerkongret für den Kraftwerksbau oder für den Strahlenschutz geeignet.

5. ZERO Waste Strategie

Derzeit werden bei den Firmen Böhler und Breitenfeld etwa 70.000 Tonnen pro Jahr an EDS-Gestein erzeugt. Durch eine entsprechende Verwertungsmöglichkeit könnten etwa 25.000 m³ Deponievolumen pro Jahr eingespart werden. Die Einsparungen durch

diese Ressourcenschonung wäre ein aktiver Beitrag zur Sicherung des Wirtschaftsstandortes Steiermark. Bei einer Verwertung der EDS-Gesteine als Baustoff, könnten auch aus den bestehenden Deponien durch Landfill-mining wertvolle Metalle und kritische Rohstoffe rückgewonnen und verwertet werden. Statt Deponien zu erweitern könnte vorhandenes Deponievolumen wieder gewonnen werden.

6. Zusammenfassung

Edelstahlschlacken (EDS) sind auf Grund ihrer Entstehungsart als auch in ihrer mineralogischen Zusammensetzung natürlichen Gesteinen sehr ähnlich und können als EDS-Gesteine bezeichnet werden.

In den Zielen der Gesetzgebung auf europäischer und auf nationaler Ebene steht die Verwertung als auch das Recycling von Abfällen vor der Beseitigung. Die Schonung von Ressourcen (Rohstoffe, Wasser, Energie, Landschaft, Flächen, Deponievolumen) sowie die Reduzierung der Gesamtauswirkungen und die Effizienz der Ressourcennutzung soll verbessert werden.

Am Beispiel EDS-Gestein wird dargelegt, dass durch eine Verwertung des EDS-Gestein als Baustoff ein großes Potential an Ressourcen gewonnen und geschont werden könnten. EDS-Gesteine enthalten u.a. kritische Rohstoffe. Durch deren Gewinnung können wertvolle Ressourcen auf der Primärseite eingespart und ein wichtiger Betrag zur Sicherung des Wirtschaft Standortes Europa geleistet werden. Die Verwertung jedes Kubikmeters EDS-Gesteins als Baustoff schont über zwei Kubikmeter an Ressourcen. Über einen Kubikmeter an Deponievolumen und über einen Kubikmeter an Primärrohstoff. Die vorhandenen Deponien mit EDS-Gestein stellen eine weitere große schlummernde Ressource dar. Bei einer anerkannten Verwertung des EDS-Gestein könnten diese Ressourcen durch landfill-mining ebenfalls gewonnen und geschont werden.

Sekundärrohstoffe aus Abfällen werden grundsätzlich aus dem Blickwinkel der Umweltgefährdung betrachtet. Um als Ersatz für Primärrohstoffe zugelassen zu werden, müssen diese zuerst zu ihrer Verteidigung den Gegenbeweis der Umweltverträglichkeit antreten. Es müssen neben den geforderten physikalischen Eigenschaften auch umfangreiche chemischen Eigenschaften nachgewiesen werden. Wie am Beispiel EDS-Gestein dargelegt wurde, ist z.B. die aktuell praktizierte Gesamtgehaltsbetrachtung als Grenzwert ungeeignet und sollte durch dem Material und der Verwendung entsprechende alternative Analysemethoden und Grenzwerte ersetzt werden.

Bei den Primärrohstoffen werden grundsätzlich positive Eigenschaften vorausgesetzt und der freie Einsatz ermöglicht. Es ist z.B. bekannt, das Chrom in einer Vielzahl an Gesteinen (Diabase, Basalte, Schiefer usw.) mit verbreitetem Abbau und Nutzung als Hartgesteine vorkommt [14].

Für eine nachhaltige Umsetzung der abfallwirtschaftlichen Ziele sind als Abfall definierte Sekundärrohstoffe wie z.B. das EDS-Gestein, zukünftig aus einem anderen Blickwinkel zu betrachten. Sekundärrohstoffe sollten den Primärrohstoffen in Bezug auf die Voraussetzungskriterien für ihren Einsatz gleichgesetzt werden. Bei gleichen

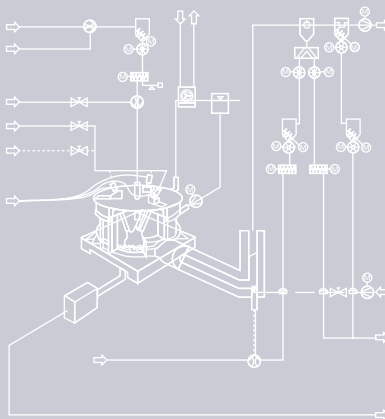
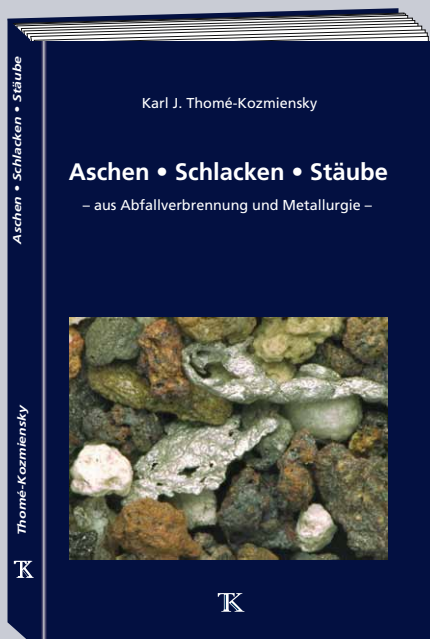
chemischen sowie physikalischen Eigenschaften sollte dem Sekundärrohstoff der Vorzug einer Verwertung gegeben werden. Nur dann sind die Ziele einer nachhaltigen Ressourcenwirtschaft erreichbar. Die aktuellen gesetzlichen Regelungen scheinen eher das Gegenteil zu verfolgen.

Schöpfen wir aus unseren Potentialen, nutzen wir unsere Ressourcen und leben wir eine nachhaltige Ressourcenwirtschaft.

7. Quellen

- [1] Altlastensanierungsgesetz
- [2] Ball; Nordstrom 1998
- [3] Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002)
- [4] Cabrera-Real, et al., 2012
- [5] Deponieverordnung, 2008
- [6] Drissen, P.: Eisenhüttenschlacke – industrielle Gesteine. FEhS-Report, 2004
- [7] Drissen, P.; Mudersbach, D.; 2012
- [8] European Comission: Report on critical raw materials for the EU. Mai 2014
- [9] Florian Neukirchen: Wie Vulkane funktionieren Teil 1; 2008
- [10] Höllen, D.; Pomberger, R.: Mineralogie und Auslaugbarkeit von Stahlwerkschlacken, 2014
- [11] Jones, N.: Stell Slag Asphalt: Preventing the Waste of a High Quality Resource; DepoTech 2014
- [12] ÖNORM EN 12620 Gesteinskörnung für Beton
- [13] Österreichischer Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Kap 7.14
- [14] Pomberger, R.: DepoTech2014: Schlacken – Risiko oder Chancen, S. 68
- [15] Pomberger, R.; Höllen, D.: Gutachterliche Stellungnahme: Umweltauswirkungen des Einsatzes der von der Harsco Minerals Austria GmbH durch Aufbereitung von EDS-Gesteinen erzeugten Baustoffe als Versatzmaterial
- [16] PROBAS, Porzessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Institute
- [17] Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien

Aschen • Schlacken • Stäube



Aschen • Schlacken • Stäube – aus Abfallverbrennung und Metallurgie –

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

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

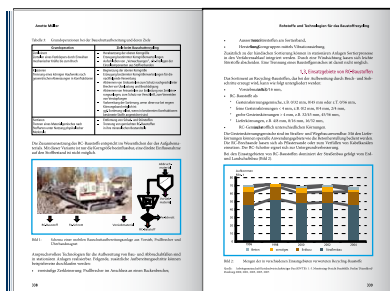
Der Umgang mit mineralischen Abfällen soll seit einem Jahrzehnt neu geregelt werden. Das Bundesumweltministerium hat die Verordnungsentwürfe zum Schutz des Grundwassers, zum Umgang mit Ersatzbaustoffen und zum Bodenschutz zur Mantelverordnung zusammengefasst. Inzwischen liegt die zweite Fassung des Arbeitsentwurfs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

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

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

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

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



Bestellungen unter www.vivis.de
 oder

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



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): **Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 2**
– Aschen, Schlacken, Stäube und Baurestmassen –
ISBN 978-3-944310-21-3 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2015
Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,
Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.
Erfassung und Layout: Ginette Teske, Sandra Peters, Janin Burbott,
Claudia Naumann-Deppe, Anne Kuhlo

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.