

# Techniken zur Ressourcenrückgewinnung

Alfred Edlinger, Katharina Fuchs, Gert Lautenschlager, Stefan Gäth und Armin Reller

1.	Einleitung.....	15
2.	Schlacken als Sekundärminen in Bayern.....	15
3.	Technologien zur Aufbereitung von Schlacken .....	17

## 1. Einleitung

Die erfolgreiche und viele Lebensbereiche durchdringende Entwicklung nutzbringender Technologien ist in zunehmendem Masse durch eine exponentiell steigende Diversität von Funktionsmaterialien, insbesondere von Metallen mit spezifischen Eigenschaften geprägt. Viele dieser Metalle sind nicht in beliebigen Mengen verfügbar; sie werden oft als Koppelprodukte von Basismetallen gewonnen und eine sichere Verfügbarkeit ist keinesfalls garantiert. Umso bedeutender wird die Rückgewinnung derartiger strategischer Metalle aus bestehenden sekundären Quellen. Die eingedeutschten Begriffe Secondary Mining und Urban Mining verweisen auf die Situation, dass gerade im rohstoffarmen Europa aufgrund der mit riesigen Mengen unterschiedlichster Metalle aufgebauten Infrastruktur genutzte (vor allem Bauwerke) und ungenutzte sekundäre Lagerstätten (vor allem Deponien) existieren, in denen die Konzentrationen bestimmter Metalle durchaus vergleichbar wenn nicht sogar höher als in den primären Lagerstätten sind. Trotz dieser an sich viel versprechenden Ausgangslage ist die Rückgewinnung von Wertstoffen aus – wie man bislang sagte – Abfall nicht problemlos: die Separation von einzelnen wertschöpfenden Fraktionen ist aufwändig und oftmals nicht rentabel. Auch fehlen gerade für die Extraktion von niedrig konzentrierten Metallen effiziente und selektive Technologien in ausreichendem Umfang. Des Weiteren ist von vielen Deponien und Schlackenlagern die genaue chemische Zusammensetzung der Sekundärwertstoffe nicht bekannt. Vor diesem Hintergrund, dem teils vorliegenden oder erst noch zu ermittelndem Wissen über die Beschaffenheit der Wertstoffe und der Rückgewinnungsmöglichkeiten ihrer strategisch relevanten Bestandteile, müssen jetzt die technischen Voraussetzungen für eine effiziente Rückgewinnung dieser Ressourcen auf regionaler, nationaler, aber auch globaler Ebene geschaffen werden. Eine zentrale Forderung muss dabei sein, dass möglichst viele *Abfall*-Stoffe als Wertstoffe erkannt, klassifiziert und als solche wieder in den Produktions- und Wertschöpfungskreislauf überführt werden. Die thermische Verwertung oder die finale Deponie sollte bei diesem Ansatz erst die letzte Option darstellen. In der Folge werden in zusammenfassender Form die Vorkommen sekundärer Lagerstätten, insbesondere von Schlacken, und technologische Lösungsansätze Wege zu deren Inwertsetzung diskutiert.

## 2. Schlacken als Sekundärminen in Bayern

In ihrer kürzlich abgeschlossenen Diplomarbeit hat Frau Katharina Fuchs die Schlackenlagerstätten Bayerns kartographiert und spezifiziert. Aufgrund steigender Rohstoffpreise und der Verknappung von Ressourcen wurden Alternativen zur Deckung des zunehmenden Rohstoffbedarfs gesucht. Im Zuge dessen wurden strategische Metalle und Industriemetalle als Sekundärrohstoffe in Schlacken und Filterstäuben von Müllverbrennungsanlagen

und der Stahlherstellung identifiziert und mögliche Recyclingtechnologien aufgezeigt. Es wurden Daten aus bereits existierenden Analysen verwendet. Die Ermittlung der Massenströme und der Metallgehalte in den Schlacken (siehe Tabelle 1) geschah durch Bildung von Durchschnittswerten der Daten von mehreren Jahre.

Zusammenfassung	Mengen
Produktion (LSW)	190.000 t/a (2008) EOS
Deponien (Sulz, Hemerten)	etwa 930.000 t EOS
Schlackenberg Sulzbach-Rosenberg (FES 2005)	1,0 bis 1,5 Mio. t OBM-Schlacke 0,26 Mio. t Hochofenstückschlacke 4,3 bis 4,9 Mio. t Hüttsand Stäube und Schlämme

Tabelle 1:

Darstellung der Schlackenmengen aus der Stahlherstellung in Bayern

Die Identifizierung potentieller Sekundärrohstoffe erfolgte anhand erstellter Steckbriefe der vorliegenden Metallkonzentrationen und des daraus resultierenden theoretischen Wertgehalts der Stoffströme. Insgesamt wurden Aluminium, Blei, Kupfer, Chrom, Magnesium, Mangan, Nickel und Zink als potentielle Sekundärrohstoffe in den verschiedenen Stoffströmen ermittelt (siehe Tabelle 2 und 3).

Tabelle 2: Analytik der Schlacken aus der Stahlherstellung

Symbol	Element	EOS 0/100 (25.10.03) Gesamt	OBM-Schlacke 10/40 Gesamt	HS hell Gesamt	HOS 0/40 Gesamt
		mg/kg			
Al	Aluminium	29.200	11.060	4.6200	54.200
Sb	Antimon	1	1,2	2,5	1,9
Be	Beryllium	< 0,16	3,5	< 0,16	3,7
Pb	Blei	22	10	9,6	3
Cd	Cadmium	0,11	0,095	0,14	0,057
Cr	Chrom	14.080	8.140	96	288
Co	Kobalt	7,8	10	0,8	0,8
Cu	Kupfer	200	42	8,6	6,6
Mg	Magnesium	19.280	15.840	62.800	59.600
Mn	Mangan	25.000	19.820	1.904	3.460
Mo	Molybdän	64	70	2,6	3
Ni	Nickel	46	16	3,4	6,4
Nb	Niob	188	60	< 3,3	< 20
Hg	Quecksilber	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,12
Se	Selen	0,44	1,3	0,36	2,9
Si	Silizium	89.300	100.000	200.000	151.000
Te	Tellur	< 3,2	< 3,2	< 3,2	< 3,2
Ti	Titan	2.020	3.980	2.220	4.380
V	Vanadium	568	3.980	34	182
Bi	Wismut	< 20	< 20	-	< 20
W	Wolfram	254	228	1	1,1
Zn	Zink	280	70	32	15
Sn	Zinn	84	< 20	< 20	< 20

Tabelle 3: Analytik der Schlacken aus der Stahlherstellung

Symbol	Element	EOS 0/100 (25.10.03) Gesamt	OBM-Schlacke 10/40 Gesamt	HS hell Gesamt	HOS 0/40 Gesamt
		%			
Al	Aluminium	2,92	1,106	4,62	5,42
Sb	Antimon	0,0001	0,00012	0,00025	0,00019
Be	Beryllium	< 0,000016	0,00035	< 0,000016	0,00037
Pb	Blei	0,0022	0,001	0,00096	0,0003
Cd	Cadmium	0,000011	0,0000095	0,000014	0,0000057
Cr	Chrom	1,408	0,814	0,0096	0,0288
Co	Kobalt	0,00078	0,001	0,00008	0,00008
Cu	Kupfer	0,02	0,0042	0,00086	0,00066
Mg	Magnesium	1,928	1,584	6,28	5,96
Mn	Mangan	2,5	1,982	0,1904	0,346
Mo	Molybdän	0,0064	0,007	0,00026	0,0003
Ni	Nickel	0,0046	0,0016	0,00034	0,00064
Nb	Niob	0,0188	0,006	< 0,00033	<0,002
Hg	Quecksilber	< 0,000003	< 0,000003	< 0,000003	< 0,000003
Se	Selen	0,000044	0,00013	0,000036	0,00029
Si	Silizium	8,93	10	20	15,1
Te	Tellur	< 0,00032	< 0,00032	0,00032	< 0,00032
Ti	Titan	0,202	0,398	0,222	0,438
V	Vanadium	0,0568	0,398	0,0034	0,0182
Bi	Wismut	< 0,002	< 0,002	-	< 0,002
W	Wolfram	0,0254	0,0228	0,0001	0,00011
Zn	Zink	0,028	0,007	0,0032	0,0015
Sn	Zinn	0,0084	< 0,002	< 0,002	< 0,002

### 3. Technologien zur Aufbereitung von Schlacken

Durch die Analyse der Zusammensetzung unterschiedlicher Schlacken (und Filterstäube) wird klar, dass insgesamt erhebliche Ressourcenpotentiale aus bis dato ungenutzten Schlackenhalde extrahierbar wären. Das Potential von unterschiedlichen und teilweise wertvollen Sekundärrohstoffen ist also durchaus vorhanden und ihre Gewinnung sinnvoll. Zur Planung konkreter Recyclingverfahren für einzelne Schlackenlagerstätten ist eine umfassendere Analytik mit Einzelbetrachtung notwendig. Vor der Praxisanwendung müssen Recyclingverfahren einer ökologischen und ökonomischen Betrachtung unterzogen werden, denn mit genügend hohem Aufwand könnten beinahe alle Spurenmetalle rückgewonnen werden. Die Unterstützung neuer und in der Entwicklung befindlicher Verfahren ist wichtig, um auf Rohstoffknappheit und steigende Preise in der Zukunft vorbereitet zu sein, d.h. sekundäre Minen bewirtschaften zu können. Als schon verfügbare Recyclingverfahren werden u.a. Metallbadreaktoren, mechanische Verfahren und komplexe Anlagen zur Sekundärrohstoffgewinnung betrachtet. Neben diesen konventionellen und

in der Fachliteratur gut beschriebenen Verfahren sollten aber auch neue Strategien verfolgt werden: wenn es gelingen würde, mit biologischen Organismen selektiv Metalle zu akkumulieren – also mit so genanntem Bio-Mining zu arbeiten – so dürften auch höchst verdünnte Metalle gegebenenfalls zurückgewonnen werden. Die verfahrenstechnischen Konzepte gilt es aber noch aus den grundlagenwissenschaftlichen Laborbefunden in die Praxis zu übersetzen, ein langer Weg. Für alle zur Verfügung stehenden Technologien sind möglichst verlässliche Angaben zu Mindestkonzentrationen für ein ökologisch sinnvolles und ökonomisch vertretbares Recycling unabdingbar. Nur dann sind konkrete Aussagen zur Realisierbarkeit bzw. Rentabilität möglich.

Abschließend muss erwähnt werden, dass es bei der Verwertung von Schlacken nicht nur um die Rückgewinnung kleiner Mengen von strategischen Metallen geht, sondern dass Gesamtkonzepte zur Wiedergewinnung von Wertstoffen erarbeitet werden. Die bis anhin üblichen Verfahren der Weiterverwendung von Schlackenfraktionen als Zuschlagstoffe bleiben wichtige Teilschritte auf dem Weg in eine effiziente, Energie und Ressourcen schonende Stoffkreislaufwirtschaft.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**Schlacken aus der Metallurgie, Band 2**

– **Ressourceneffizienz und Stand der Technik** –

Michael Heußen, Heribert Motz.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2012

ISBN 978-3-935317-86-3

ISBN 978-3-935317-86-3 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 2012

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,  
M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky

Erfassung und Layout: Sandra Peters; Titelgestaltung: ZUP! GmbH, Augsburg

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.