

Heußen · Motz · Thomé-Kozmiensky

Schlacken aus der **Metallurgie,** Band 2

Ressourceneffizienz und Stand der Technik

TK

Michael Heußen Heribert Motz

Schlacken aus der Metallurgie

Band 2

– Ressourceneffizienz und Stand der Technik –

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.

Vorwort

Die Produktion von Stahl aus Schrott und die Verwendung der dabei entstehenden Nebenprodukte sind herausragende Beispiele für eine funktionierende Kreislaufwirtschaft. Die gute Resonanz des ersten Schlacken-Symposiums im Jahr 2011 unter dem Motto *Rohstoffpotential und Recycling* war daher Anlass im Oktober 2012 ein weiteres Symposium – diesmal unter dem Motto *Ressourceneffizienz und Stand der Technik* – zu veranstalten. Wir freuen uns, dass wir im vorliegenden Buch wieder die Beiträge der Referenten veröffentlichen können.

Die im FEhS-Institut zusammengeschlossenen Stahlwerke haben seit 1950 große Anstrengungen unternommen durch Forschung und Entwicklung die Eisenhüttenschlacken erneut dem Wirtschaftskreislauf zuzuführen. Die heutigen Verwendungsraten von mehr als 95 Prozent belegen die erzielten Fortschritte. Grundlagen hierfür sind die anerkannt guten technischen Eigenschaften von Eisenhüttenschlacken, die traditionell für Baumaßnahmen und die Herstellung von Düngemitteln eingesetzt werden. Für die Stahlindustrie ist es seit Jahren eine Selbstverständlichkeit Schlacken auch hinsichtlich ihrer Umweltverträglichkeit prüfen und bewerten zu lassen. Mit zahlreichen Projekten wurden mögliche Beeinflussungen des Grund- und Oberflächenwassers sowie ökotoxikologische und sonstige toxikologische Auswirkungen untersucht. Diese sind auch in die Registrierung von Eisenhüttenschlacken unter der REACH-Gesetzgebung eingeflossen. Die traditionellen Verwendungsmöglichkeiten von Schlacken sind – u.a. bedingt durch das neue Kreislaufwirtschaftsgesetz, die geplante Ersatzbaustoffverordnung sowie die Verordnung zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen – wieder in der Diskussion.

Vor diesem Hintergrund wird beim 2. Symposium in Meitingen durch die Referenten umfassend über Herstellungs- und Aufbereitungsmethoden von Eisenhüttenschlacken sowie neuere Forschungsergebnisse zu deren Umweltverhalten informiert. Darüber hinaus wird über Strategien der Regierung zur Rechtssetzung und deren Auswirkungen auf die Industrie berichtet Damit wird dem Informationsbedürfnis von öffentlichen Auftraggebern, Fachbehörden des Bundes und der Länder sowie Bauunternehmen, ausschreibenden Ingenieurbüros und öffentlichen wie privaten Forschungsinstituten Rechnung getragen. All diese Beteiligten sind regelmäßig mit dem Nebenprodukt Eisenhüttenschlacken und deren weiteren Verwendung befasst und sorgen dafür, dass Schlacken fachgerecht als Ersatzbaustoff eingesetzt werden und somit das Ziel Ressourceneffizienz und -schonung nicht nur Theorie und Zielstellung bleibt, sondern auch in der Praxis gelebt wird.

Auch das 2. Schlackensymposium kann wieder am Standort der Lech-Stahlwerke GmbH und der SGL Carbon GmbH in Meitingen durchgeführt werden. Beide Unternehmen sind für die deutsche Industrie von besonderer Bedeutung: Die Lech-Stahlwerke als wichtiger Qualitäts- und Edelbaustahllieferant für die bayerische, deutsche und europäische Automobilindustrie sowie für die Bauindustrie und die SGL Group – u.a. als Lieferant von innovativen Carbonfasern für die Automobilproduktion.

Mit dem 2. Symposium *Schlacken aus der Metallurgie* und dieser Veröffentlichung wollen wir einen weiteren wichtigen Beitrag für eine inhaltlich fundierte Diskussion über praktizierte Ressourceneffizienz und Stand der Technik leisten.

Oktober 2012

Dr.-Ing. Michael Heußen *Dr.-Ing. Heribert Motz*

Inhaltsverzeichnis

Rohstoffressourcen

Forschung sichert nachhaltige Rohstoffversorgung
Karl Eugen Huthmacher 3

Techniken zur Ressourcenrückgewinnung
Alfred Edlinger, Katharina Fuchs, Gert Lautenschlager, Stefan Gäth und Armin Reller 15

Rechtliche Rahmenbedingungen

KrWG, AwSV und MantelV
– Auswirkungen auf die Stahlindustrie und ihre Nebenprodukte –
Gerhard Endemann 21

Anforderungen an die Hochwertigkeit der Verwertung nach dem neuen Kreislaufwirtschaftsgesetz
Andrea Versteyl 33

Von der drohenden Ordnungsverfügung bis zur Betriebsstilllegung
Michael Sitsen 45

REACH-Auswirkungen für Eisenhüttenschlacken
Ursula Gerigk 51

DK 0-Deponie oder Verfüllung?
– Rechtliche Rahmenbedingungen für die Ablagerung mineralischer Abfälle –
Peter Kersandt 59

Metallurgie und Schlacken

Stahl und Schlacke – Ein Bund fürs Leben
Dieter Georg Senk und Dennis Hüttenmeister 69

Erhöhung der Energie- und Materialeffizienz der Stahlerzeugung im Lichtbogenofen
– optimiertes Wärmemanagement und kontinuierliche dynamische Prozessführung –
Bernd Kleimt, Bernd Dettmer, Vico Haverkamp, Thomas Deinet und Patrick Tassot 77

Schlackenkonditionierung im Elektrolichtbogenofen:
– Metallurgie und Energieeffizienz –
Hans Peter Markus, Hartmut Hofmeister und Michael Heußen 105

Neue Aufbereitungstechnologie von Stahlwerksschlacken
bei der AG der Dillinger Hüttenwerke
Klaus-Jürgen Arlt und Michael Joost 129

Entphosphorung von Abwässern im Festbett auf Basis von Elektroofen- und
Konverterschlacke – Ein Pilotprojekt –
Heribert Rustige 139

Zukunftstechnologien für Energie- und Bauwirtschaft
– am Beispiel der Schlacken aus der Elektrostahlerzeugung –
Dirk Mudersbach und Heribert Motz 151

Umweltverträglichkeit von Elektroofenschlacken
im Straßenbau anhand von Langzeitstudien
Mario Mocker und Martin Faulstich 169

Autoren und Herausgeber 177

Inserentenverzeichnis 185

Schlagwortverzeichnis 189

Rohstoffressourcen

Forschung sichert nachhaltige Rohstoffversorgung

Karl Eugen Huthmacher

1. Herausforderung Ressourcenknappheit ... 3

2. Aktivitäten der Bundesregierung im Bereich Rohstoffe ... 5

3. Förderkette: Ressourceneffizienz ... 5

4. Forschung für eine nachhaltige Rohstoffversorgung ... 6

4.1. Spezifische Projektförderung durch das BMBF: Forschungsprogramme für Ressourceneffizienz ... 7

4.2. Institutionelle Förderung durch das BMBF: Das neue Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie ... 8

4.3. Forschungsprogramm *Wirtschaftsstrategische Rohstoffe für den Hightech-Standort Deutschland* ... 9

5. Europäische und internationale Zusammenarbeit ... 11

6. Quellen ... 11

1. Herausforderung Ressourcenknappheit

Rohstoffe werden knapper und teurer. Die generelle Versorgungssicherheit der Industrie ist nicht mehr in allen Fällen gewährleistet. Rohstoffverfügbarkeit ist für Deutschland als Industrienation mit breiter Produktionsbasis und hohem Exportanteil jedoch unabdingbare Voraussetzung zur Sicherung der Arbeitsplätze und des Wohlstands. Die Verknappung und damit Kostensteigerungen betreffen vor allem mineralische (metallische) Ressourcen, wie zum Beispiel Stahl und Eisen, Kupfer und Aluminium, die sogenannten Stahlveredler, Platingruppenmetalle und Seltene Erden, die für die Entwicklung und den Ausbau von Schlüsseltechnologien erforderlich sind und bei denen Deutschland hinsichtlich der Primärrohstoffe zu hundert Prozent auf Importe angewiesen ist.

Der Deutsche Industrie- und Handelskammertag beziffert den Wert der in Deutschland verwendeten Rohstoffe im Jahr 2010 auf etwa 138 Milliarden EUR, wobei Rohstoffe im Wert von etwa 110 Milliarden EUR importiert wurden und der Rest aus heimischer Produktion (18 Milliarden EUR) und Recycling (10 Milliarden EUR) stammen [1]. Von den insgesamt importierten Rohstoffen entfallen etwa zehn Prozent auf solche Rohstoffe, die für die Entwicklung von Zukunftstechnologien unverzichtbar sind und deshalb als **wirtschaftsstrategische Rohstoffe** bezeichnet werden (hervorgehoben in Bild 1). Auch das Erreichen der ambitionierten Klimaschutzziele, der Wandel der Energieversorgung und die Entwicklung von Zukunftstechnologien in Deutschland sind ohne Nutzung von sogenannten Technologiemetallen undenkbar.

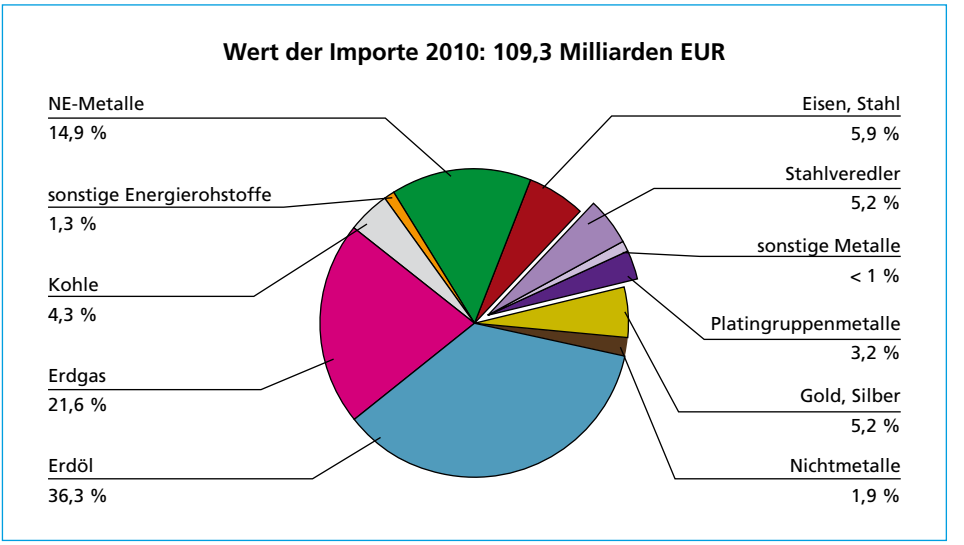


Bild 1: Deutsche Rohstoffimporte nach Wert

Quelle: Deutsche Rohstoffagentur (DERA): Deutschland – Rohstoffsituation 2010

Neben dem Import von Primärrohstoffen und Materialien leistet Recycling einen wichtigen Beitrag zur Rohstoffversorgung und Umweltpolitik. In Deutschland stammen bereits 43 % des Kupfers, 60 % des Aluminiums, 69 % des Bleis und 44 % des Rohstahls aus sekundären Rohstoffen, womit Deutschland international eine Vorreiterrolle innehat [2]. Metallrecycling sollte unter Beachtung physikalischer Grenzen und wirtschaftlicher Vertretbarkeit weiter vorangetrieben werden. Effizienzsteigerungen, Substitutionen und ein umfassendes Recycling können jedoch nicht die Problematik der nachhaltigen und sicheren Rohstoffversorgung allein lösen. Hierzu bedarf es nach wie vor auch der Gewinnung von Primärrohstoffen – und dies nicht nur in Rohstoffexportländern, sondern auch hier in Deutschland.

Das **Wissenschaftsjahr 2012 – Zukunftsprojekt Erde** [3] steht im Jahr des Umweltgipfels in Rio de Janeiro im Zeichen der Forschung für nachhaltige Entwicklungen: Sie ist der Schlüssel für die Zukunft. Dabei richtet sich der Blick im Wissenschaftsjahr 2012 auf die Forschungsansätze, die wirtschaftliche, ökologische und soziale Aspekte gleichzeitig umfassen, also alle Aspekte der Nachhaltigkeit. Der Dialog und die öffentliche Auseinandersetzung mit der Forschung für nachhaltige Entwicklungen soll vertieft und dabei auch konkrete Handlungsoptionen aufgezeigt werden. So ist beispielsweise eine Aktion geplant, um die Öffentlichkeit noch stärker zum Recycling von Mobilfunkgeräten zu motivieren: Millionen Handys liegen immer noch ungenutzt in deutschen Haushalten, obwohl sie wertvolle Metalle wie Seltene Erden enthalten, die wiederverwertet werden können.

Um der Herausforderung der Ressourcenknappheit zu begegnen, hat die Bundesregierung erstmals in der **Nachhaltigkeitsstrategie 2002** [4] die Entkopplung des Ressourcenverbrauchs vom Wirtschaftswachstum als ein wichtiges Ziel definiert. Zugleich ist anzustreben, dass der wachstumsbedingte Anstieg der Nachfrage nach Ressourcen durch Effizienzgewinne mehr als kompensiert wird. Mit Blick auf eine nachhaltige Gesellschaft heißt es in der Nachhaltigkeitsstrategie: *Jede Generation muss ihre Aufgaben selbst lösen und darf sie nicht den kommenden Generationen aufbürden. Sie muss zugleich Vorsorge für absehbare zukünftige Belastungen treffen.* Von der Verwirklichung dieser Ziele sind wir weit entfernt.

Schlagwortverzeichnis

A

Abfälle
mineralische 59
Abfallrahmenrichtlinie 33
Abgrabungen 59
Abgrenzung 33
Ablagerung
mineralischer Abfälle 59
Abwasserbehandlung 139
Aufbereitung der Stahlwerksschlacke 129
Aufbereitungstechnologie 129
Austauschmaßnahmen 48

B

Bestandsschutz 46
Betreiberpflichten 46
betriebsinternes Qualitäts-
sicherungssystem 138

C

CLP 51
COMBIDILL 137

D

Deponien der Klasse 0 60
DEWEOS 160
Dichtungsbaustoff aus
Gießpfannenschlacke 137
Dillinger Hüttenwerke 129
DK 0-Deponie 59
Dolomit 106
Düngemittelverordnung 137

E

Einstufung 51
Eisenhüttenschlacken 26, 51, 129
Elektrolichtbogenofen 77, 106
Elektromagnet-Bandtrommelscheider 135
Elektroofenschlacken 108, 142, 153, 169
Energieeffizienz 77
Energieeinsparung 105
Entstaubungsanlage 132
Ersatzbaustoffverordnung 29

F

FACTOR SP 155
feuerfeste Zustellung 79
Feuerfestverschleiß 124
Feuerungswirkungsgrad 37
Fläche
basisabgedichtete 129
Forschung 3
Forschungsprogramme
für Ressourceneffizienz 7

G

Gebot der hochwertigen Verwertung 35
Georgsmarienhütte 79
Gießpfannenschlacke als Substitution
natürlicher Tonmineralien
als Dichtungsbaustoff 129
Gleichstrom-Lichtbogenofen 78
Güteüberwachung 138

H

Heizwert 36
Hochofenschlacke 26
Hochwertigkeit der energetischen
Verwertung 36
Hochwertigkeit der stofflichen
Verwertung 33, 35
Hüttensand 27
Hydratationsbeständigkeit 126

I

Inertabfall 60
innovatives Basisabdichtungssystem 129

K

Kalk-Düngemittel 129
Kalk-/Eisenträger
als Sekundärrohstoff 134
für den internen Einsatz 134
Klassierung 135
KLINKEOS 157
Konverterkalk 137
Kreislaufwirtschaftsgesetz 33

L

Lärmschutz 133
LDS 142
LD- und Gießpfannenschlacken 134
Lichtbogenofen 77

M

Magnetscheidung 135
Materialeffizienz 77
Materialmanagement 24
mineralische Nebenprodukte 129
Mineralstoffaufbereitungsanlage 129
MSG Mineralstoffgesellschaft Saar mbH (MSG) 129

N

Nachhaltigkeit 4
Nebenprodukte 21
Nutzung der Elektroofenschlacke 153

O

Ökobilanzen 33
Ordnungsverfügungen 45

P

Phosphatelimination 139
Planfeststellungsverfahren 60
Plangenehmigungsverfahren 60
Prozesssteuerung 83

R

R 1-Formel 37
Rahmenbedingungen 28
REACH 51
RECYCEOS 163
Reduktionsmittelverbrauch 24
Registrierung 51
Ressourcen 23
Ressourceneffizienz 5, 28
Ressourcenknappheit 3
Ressourcenrückgewinnung 15
Rohstoffe
  wirtschaftsstrategische 3
Rohstoffproduktivität 6
Rohstoffversorgung
  nachhaltige 3

S

Schlackenbildung 113
Schlackenführung 113
Schlackenkonditionierung 120
SCODILL 136
Sekundärrohstoff 15, 169
SLACON 155
Stahlerzeugung 16
  nachhaltige 23
  im Lichtbogenofen 77
Stahlindustrie 21
Stahlwerksprozess 134
Stahlwerksschlacke 26, 129
Straßenbau 129, 170

T

technische Machbarkeit 37
Technologiemetalle 3
Thermoschockbeständigkeit 80

U

Umweltverträglichkeit 169

V

Verfüllung 59
Verordnungsermächtigung 34
Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen 30
Verwertung
  energetische 33
  stoffliche 33
Vorsorgepflichten 47

W

Wärmenutzungsgebot 37
werkseigene Produktionskontrolle 138
WIPEOS 163
wirtschaftliche Zumutbarkeit 37
Wissenschaftsjahr 4

Z

Zementindustrie 129
Zerkleinerung 135
Zulassung
  bergrechtliche 65