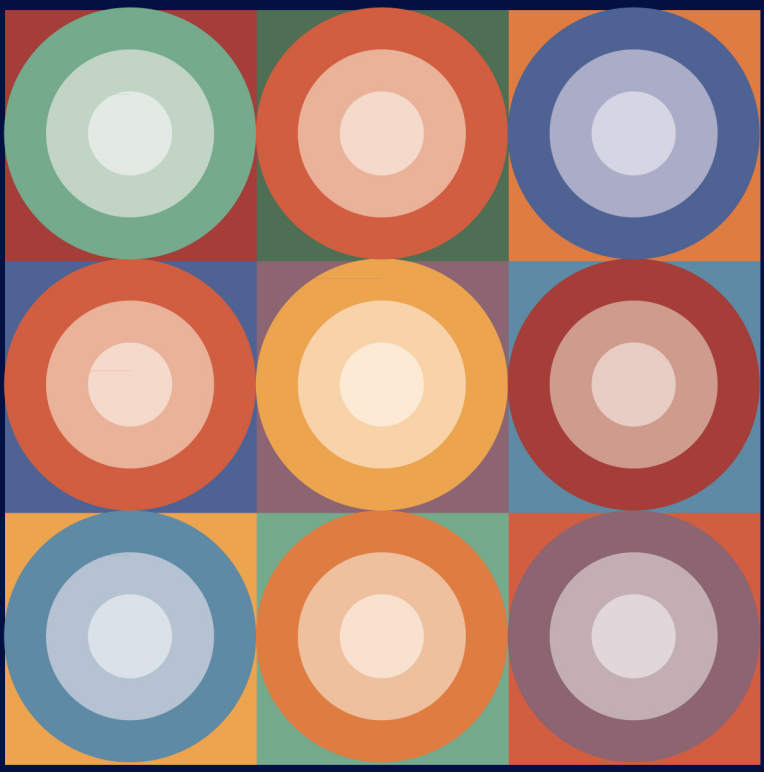
Karl J. Thomé-Kozmiensky

MINERALISCHE NEBENPRODUKTE UND ABFÄLLE 2

– Aschen, Schlacken, Stäube und Baurestmassen –



TK

Karl J. Thomé-Kozmiensky

Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 2

– Aschen, Schlacken, Stäube und Baurestmassen –

TK

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.

Inhaltsverzeichnis

Recht

Anmerkungen zur Mantelverordnung aus Sicht der Wirtschaft
Reinhard Fischer 3

Anmerkungen zur Ersatzbaustoffverordnung
Heinz-Ulrich Bertram 23

Die geplante österreichische Recycling-Baustoffverordnung
Roland Starke 55

Die laufende Totalrevision der Schweizerischen Technischen Verordnung über Abfälle
Hans-Peter Fahrni 65

Einheitliches Analyseverfahren für mineralische Ersatzbaustoffe auf EU-Ebene vor dem Hintergrund uneinheitlicher Umweltanforderungen in den Mitgliedsstaaten
Bernd Susset 79

Aufbereitung und Verwertung von Rost- und Flugaschen aus der Verbrennung von Abfällen und Biomassen

Entwicklung, Stand und geänderte rechtliche Bedeutung der neuen BREF für Hausmüllverbrennungsaschen
Markus Gleis 93

Aufbereitung von Abfallverbrennungsaschen – Rückgewinnung und Verwertung von Fe-/NE-Metallen

Ressourceneffizienz der Metallrückgewinnung vor und nach der Verbrennung
Kerstin Kuchta und Verena Enzner 107

Wertstoffpotenziale von trocken und nass ausgetragenen Abfallverbrennungsaschen – Forschungsergebnisse aus praktischen Untersuchungen
Peter Quicker, Jan Stockschläder, Battogtokh Zayat-Vogel, Thomas Pretz, Andrea Garth, Ralf Koralewska, Saša Malek, Carsten Gellermann, Thilo Brämer, Esther Gabor und Yvonne Tiffert 117

Resource Mining – Rohstoff aus Schweizer Abfall
– Rückgewinnung von Produkten aus Abfallverbrennungsrückständen –
Stefan Eberhard und Raphael Röcken 137

Steigerung der Wertstoffseparation von Rostaschen
aus der Nassentschlackung durch Optimierung konventioneller Technik
Marcel Grünbein, Dennis Wegkamp und David Rüßmann 149

Effiziente Metallrückgewinnung aus Kehrichtverbrennungsasche
mittels Hochspannungsimpulsverfahren
Alexander Weh 167

Qualitäten und Einsatz von MVA-Schrotten in der Stahlerzeugung
Peter Kosub 193

Aufbereitungsmethoden für eine hochwertige Verwertung von NE-Metallen
aus Abfallverbrennungsrostaschen
Thomas Pretz und Alexander Feil 217

VeMRec – Metallurgische Herausforderungen beim Recycling
von NE-Metallkonzentraten aus Abfallverbrennungs-Rostasche
Kilian Gisbertz und Bernd Friedrich 227

NE-Metallrückgewinnung aus Abfallverbrennungsschlacken
unterschiedlicher Herkunft
Boris Breitenstein, Daniel Goldmann und Benedikt Heitmann 255

Verwertung von Abfallverbrennungsaschen

Situation der Hausmüllverbrennungsaschen
Industrie – Technik – Kosten und Markt
Dieter Kersting 275

Green Deal zu Abfallverbrennungsaschen in den Niederlanden
– Vorgeschichte, Umsetzung und erzielbare Qualitätsverbesserung der Mineralfraktion –
Jan-Peter Born 291

Mineralische Ersatzbaustoffe
– Herausforderungen der Wiederverwertung und
Strategien zur Verbesserung der Marktsituation –
Astrid Onkelbach 305

Verwertung von Abfallverbrennungsasche als Zuschlagstoff
in der Beton-, Asphalt- und Zementindustrie
Stefan Lübben 321

Keramische Werkstoffe aus trocken ausgetragener Feinfraktion der Rostschlacke
Ralf Koralewska, Christopher R. Cheeseman und Athanasios Bourtsalas.....337

Verwertung von Biomasseverbrennungsaschen

Stoffspektrum von Aschen aus einem Biomassekraftwerk
und resultierende Verwertungs- und Entsorgungsmöglichkeiten
Key Herklotz und Ingrid Bachmann 349

Strategien zum nachhaltigen Umgang mit dem Lebensmittel Phosphor
am Beispiel des P-Recyclings aus Biomasseaschen
Stefan A. Gäth, Carsten Gellermann, Daniel Frank, Philipp Steverding
und Lars Zeggel 367

Behandlung und Verwertung von Flugaschen

Ökonomische Bewertung des Zink-Recyclings aus Flugaschen
von Abfallverbrennungsanlagen
Johann Fellner, Jakob Lederer und Amon Purgar.....375

MVA-Flugaschenrecycling in der Zementindustrie und deren Auswirkung
auf Metallgehalte in Zementen
Jakob Lederer, Helmut Rechberger und Johann Fellner 387

Stabilisierung von Flugaschen – ein Situationsbericht
Roland Weippert.....403

Nebenprodukte aus der Metallurgie

Eisen und Stahl

Aus Kreislaufstoffen werden Produkte
Thilo Fisch, Peter Schmöle und Dieter Georg Senk 417

Verwertung eisenhaltiger Reststoffe zu Roheisen und Zinkkonzentrat
Karl-Josef Sassen und Carsten Hillmann 431

Schlackeaufbereitung mit trockener Dichtesortierung
Elmira Turdubekova 447

Abfall Elektroofenschlacke? Gut genug zur Lärmminderung im Straßenbau?
Thomas Wörner, Olga Kazakova, Thomas Beckenbauer, Georg Geißler, Peter Leopold, Alexandra Ciocea und Tanja Raiger 457

Rückgewinnung kritischer Metalle und Produktion von Baustoffen aus EDS-Gestein in Österreich
Wolfgang Kremsl 489

Pyrometallurgisches Recycling von Stäuben aus der metallurgischen Industrie mit dem RecoDust-Prozess
Bernhard Geier, Harald Raupenstrauch, Wolfgang Reiter und Karl Pilz 503

Anforderungen der Zementindustrie an alternative mineralische Rohstoffe
Martin Oerter 513

Möglichkeit des Schlackeneinsatzes als Untertageversatz
Daniel M. Höllen, Robert Galler und Roland Pomberger 519

Nichteisenmetalle

Recycling von Salzschlacken aus der Sekundäraluminium-Produktion
Veit Wehmeier 533

Behandlung und Verwertung der Reststoffe aus der Kupfer-Metallurgie
Stephan Steinacker, René Rumpold und Jürgen Antrekowitsch 545

Recycling von Theisenschlämmen aus dem Mansfelder Hüttenprozess
Michael Reiß und Eberhard Gock.....561

Nutzung des Rohstoffpotentials von Bergbau und Hüttenhalden am Beispiel des Westharzes
Christian Poggendorf, Anke Rüpke, Eberhard Gock, Hadjar Saheli, Kerstin Kuhn und Tina Martin 579

Bauabfälle

Verantwortlichkeit für Abfälle im Baubereich
Walter Frenz.....603

Recycling von Gips und Beton

Gips-Recycling – ein Beitrag zur Ressourceneffizienz
Jörg Demmich.....623

Verwertungspotential von elektrodynamisch aufbereitetem Altbeton
Sebastian Dittrich, Volker Thome, Severin Seifert und Anna-Lena Höhn.....631

Einfluss von carbonatisierten sekundären Gesteinskörnungen auf die Eigenschaften von Recyclingbeton
Marko Seidemann und Horst-Michael Ludwig 639

Recycling im Gebäude- und Straßenbau

Sensitivitätsstudien zum Recyclingpotenzial im Hochbau – Ausblick bis 2050 –
Clemens Deilmann, Karin Gruhler und Norbert Krauß 655

Bestimmung der Gebäudezusammensetzung
– Prognose zukünftiger Quantitäten und Qualitäten von Baurestmassen –
Fritz Kleemann, Jakob Lederer, Helmut Rechberger und Johann Fellner 669

Potentiale der Kreislaufwirtschaft im Mauerwerksbau
– Herausforderungen für die Aufbereitungstechnik –
Mirko Landmann, Anette Müller und Ulrich Palzer.....681

Verwertung von Wärmedämm-Verbundsystemen
– Ergebnisse aus der Forschung –
Wolfgang Setzler 707

Vergleich der Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit
ziegelreicher Recycling-Baustoffe im Straßenbau
– Erprobungsstrecke für Tragschichten ohne Bindemittel –
Gudrun Golkowski und Dirk Jansen 719

RAL-Gütezeichen für mobil aufbereitete Recycling-Baustoffe
Michael Heide 733

Dank.....741

Autorenverzeichnis.....745

Inserentenverzeichnis 769

Schlagwortverzeichnis.....775

Wertstoffpotenziale von trocken und nass ausgetragenen Abfallverbrennungsaschen

– Forschungsergebnisse aus praktischen Untersuchungen –

Peter Quicker, Jan Stockschläder, Battogtokh Zayat-Vogel, Thomas Pretz, Andrea Garth, Ralf Koralewska, Saša Malek, Carsten Gellermann, Thilo Brämer, Esther Gabor und Yvonne Tiffert

1. Hintergrund 117
2. Aufgabenstellung 118
3. Experimentelle Untersuchungen 118
3.1. Nass- und Trockenentschlackung 119
3.2. Mechanische Aufbereitung 119
3.3. Hochenergiemahlung 120
3.4. Bioleaching 121
3.5. Bioakkumulation 121
4. Ergebnisse 122
4.1. Nass- und Trockenentschlackung 122
4.2. Mechanische Aufbereitung 123
4.3. Hochenergiemahlung 130
4.4. Bioleaching 133
4.5. Bioakkumulation 133
5. Fazit 134
6. Literatur 135

1. Hintergrund

Mit den derzeitigen Aufbereitungsverfahren werden die Metalle aus den Reststoffen der Abfallverbrennung nur unvollständig zurückgewonnen. Aufgrund des nassen Austrags und den damit verbundenen Oxidationsprozessen wird bereits im Entschlacker ein Teil der Metalle entwertet. Die hydraulischen Abbindeprozesse der Mineralik erschweren einen Aufschluss der Einzelkomponenten und damit ihre Abtrennbarkeit.

Dies führt dazu, dass einerseits die Metalle aus MVA-Schlacken/Aschen[1] nur zum Teil zurückgewonnen werden können und andererseits ein Baustoff, dessen Verwendung zunehmend schärferen Umweltauflagen unterliegt, mit unzureichender Qualität erzeugt wird.

Vor diesem Hintergrund untersuchen das Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe und das Institut für Aufbereitung und Recycling an der RWTH Aachen die Möglichkeiten zur Optimierung der Rückgewinnung von Metallen und mineralischen Stoffen aus MVA-Schlacken. Im Fokus steht dabei der neue und in Deutschland noch nicht umgesetzte Ansatz der Trockenentschlackung.

2. Aufgabenstellung

Im Rahmen des UFOPLAN-Vorhabens FKZ 3713 33 303 *Möglichkeiten einer ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft durch weitergehende Gewinnung von Rohstoffen aus festen Verbrennungsrückständen aus der Behandlung von Siedlungsabfällen*, sollen technische Optionen zur Steigerung der Rückgewinnung bzw. Verwertung von Metallen und mineralischen Rohstoffen aus festen Verbrennungsrückständen untersucht und bewertet werden. Insbesondere sollen die Wertstoffpotenziale von trocken und nass entaschten MVA-Schlacken anhand experimenteller Untersuchungen im industriellen Maßstab aufgezeigt und miteinander verglichen werden.

Zur Lösung der Aufgabenstellung des UFOPLAN-Vorhabens sind drei übergeordnete Arbeitsteile vorgesehen. Im Rahmen des ersten Arbeitsteils wird schwerpunktmäßig die Erfassung, Verarbeitung und Auswertung bestehender Informationen und Literaturdaten durchgeführt.

Der zweite Arbeitsteil beinhaltet praktische Arbeitspakete, in denen durch experimentelle Untersuchungen Informationen zur Wirksamkeit der jeweiligen Methode gesammelt werden sollen. Mechanische, biologische und metallurgische Aufbereitungs- und Charakterisierungsmethoden werden in diesem Zusammenhang angewendet.

Basierend auf den Ergebnissen der theoretischen und praktischen Arbeitspakete werden im abschließenden dritten Arbeitsteil die Möglichkeiten der weitergehenden Rückgewinnung von Rohstoffen aus MVA-Schlacken bewertet und Handlungsempfehlungen, insbesondere für die Konzeption eines optimierten Aufbereitungsverfahrens für diese Schlacken, erarbeitet und dokumentiert.

Der vorliegende Artikel befasst sich mit den durchgeführten experimentellen Arbeiten und deren Ergebnissen.

3. Experimentelle Untersuchungen

Im praktischen Arbeitsteil des Projektes wurden die beiden unterschiedlichen verfahrenstechnischen Ansätze zur Rohstoffrückgewinnung aus MVA-Rückständen – die Nass- und die Trockenentschlackung – jeweils experimentell untersucht und die erzielten Resultate

[1] Die Begriffe Asche und Schlacke sowie Entaschung und Entschlackung werden in diesem Text redundant verwendet, da in den Verbrennungsrückständen von MVA beide Aggregat-Varianten auftreten.

verglichen. Eine Übersicht über die durchgeführten Arbeiten gibt Bild 1. Die blauen Pfeile symbolisieren dabei (und im weiteren Textverlauf) die Stoffströme aus der Nassentschlackung, die roten Pfeile jene aus der Trockenentschlackung.

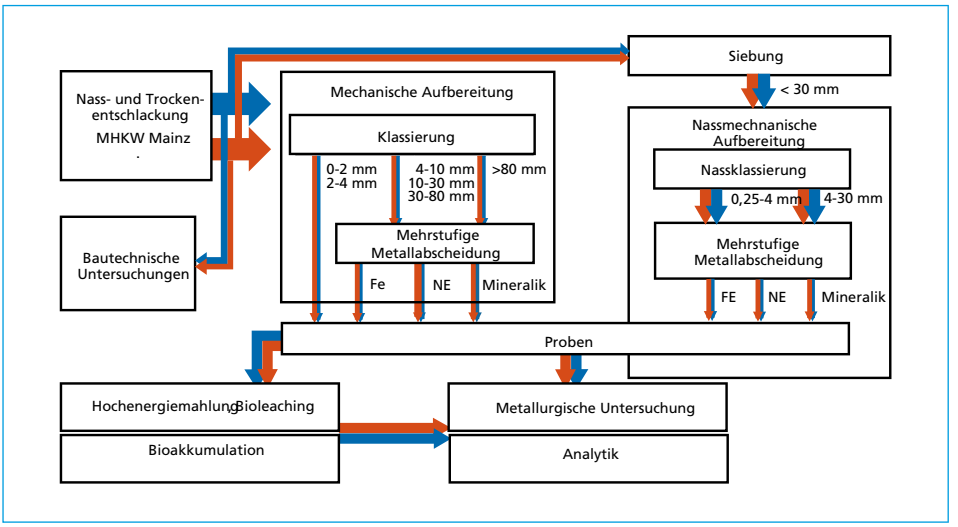


Bild 1: Durchgeführte experimentelle Untersuchungen (blaue Pfeile: Nassschlacke, rote Pfeile: Trockenschlacke)

3.1. Nass- und Trockenentschlackung

Die Probenahme der zur Versuchsdurchführung benötigten Materialproben wurde im Müllheizkraftwerk Mainz (MHKW) durchgeführt. Zum Zeitpunkt der Probenahme wurde vorgemischter Abfall verbrannt, der zu fünfzig Prozent aus Siedlungsabfall und zu fünfzig Prozent aus Gewerbeabfall bestand. Die beprobte Linie des MHKW Mainz verfügt über einen nass betriebenen Stößelentschlacker. Während der Probenahme ist der Nassentschlacker für mehrere Stunden trocken betrieben worden. Die im Projekt verwendeten, nass- und trockenentschlackten Verbrennungsrückstände stammen somit aus der gleichen Linie. Zur Entnahme der Schlacke aus dem Transportkanal (Vibrorinne) zwischen Stößelentschlacker und Schlackebunker wurde das erste Schwingrinnensegment des Kanals nach dem Entschlacker entfernt und durch ein Stangensieb (Stangenabstand 100 mm) ersetzt. Die gewonnene Grobfaktion wurden händisch in die vier Fraktionen Metalle, Steine, Agglomerate/versintertes Grobkorn sowie Unverbranntes sortiert und deren Masse protokolliert. Der bei der Sortierung zurückbleibende Anteil an feinerem Material wurde der Kornfraktion < 100 mm zugeschlagen.

3.2. Mechanische Aufbereitung

Die Aufbereitung der gewonnenen Schlacken wurde lediglich für die Kornfraktion < 100 mm durchgeführt, das Überkorn wurde nach Fraktionierung und Wägung verworfen (Zuführung zum Schlackebunker des MHKW Mainz) und nicht mehr weiter betrachtet.

Schlagwortverzeichnis

A

Abbruch- und Sanierungsmaßnahmen 57
Abfallende 20
  vorzeitiges 62
Abfallerzeugereigenschaft
  des Abrissunternehmers 604
Abfallplanung 69
Abfallverbrennungsanlagen
  in Deutschland 202
Abfallverbrennungsasche
  als Zuschlagstoff in der Beton-, Asphalt- und Zementindustrie 321
  Wertstoffpotenziale 117
Abfallverbrennungsschrott
  Einsatz in der Stahlerzeugung 193
  Qualitätsverbesserung 210
  Vermarktung 198
Abfallvermeidung 69
Abriss 658
Abrissunternehmer 604
Additivauswahl 409
ADR-Verfahren 294
Agglomeration 427
Agglomeratsteine 417
Altasphalt 62
Altbeton
  elektrodynamisch aufbereiteter 631
Aluminium 326, 534
Aluminium-Granulat 538
Anhaftungen 329
Antimon 297, 326
Aschen
  aus Biomassekraftwerken 349
    Rückgewinnung von Phosphor 368
Asphaltmischbetriebe 330
Asphalttragschichten 326
Aufbereitung
  mobile 737
Aufbereitungshalden 584
Aufschlussverfahren 687
Aufschlusszerkleinerung 688
Ausmelt-Reaktor 555
Ausschreibungspraxis 311

B

Batterien
  Verwertung 442
Bau-/Abbruchabfall
  Input-Kontrolle 20
Bauabgänge 658
Baubereich
  Verantwortlichkeit für Abfälle 603
Bauproduktenverordnung 80
Baurestmassen
  Mengen und Qualitäten 669
  Prognose 678
  Recycling in Österreich 55
Bauschutt 683
Baustoff
  aus EDS-Gestein in Österreich 489
  geformter 295
  Komponente 329
  Recycling 733
  ungeformter 295
Bautätigkeit 658
  in Deutschland 2030 und 2050 660
Bau- und Abbruchabfälle 625, 681
Bauzugänge 658
Bergbau 298
Bergbau- und Hüttenhalden
  Nutzung des Rohstoffpotentials 579
Bergehalden 584
Bergversatz 499, 520
  und Umweltschutz 524
Beton 631
Betonerzeugung
  Zuschlagstoff 499
Betonhersteller 330
Betonkörper 326
Betonrezyklate 640
Bindemittel 409
Bioakkumulation 121
Bioleaching 121
Biomasseaschen 349
  Phosphor-Recycling 367
Bleihütte Hettstedt 561
Bodenasche
  Waschen und Fraktionieren 293
Bodenschutz 15
  vorsorgender 81
Bohrkerne 480
Brennstoffsubstitutionsrate
  der deutschen Zementindustrie 514
BVT-Merkblätter 93
BVT-Merkblatt Abfallbehandlung
  Überarbeitung 95
BVT-Merkblatt Abfallverbrennung
  Überarbeitung 95
    aktueller Stand 99
BVT-Schlussfolgerungen 94

C

Calciumcarbonat 642
Calciumhydroxid 642
Carbonatisierung 640
CEN/TC 351 79
CFD-Methode 464
Chromat 326
CPX-Verfahren 486

D

Deponien 71
Deponietypen 73
Deponieverordnung 22
Deutsche Phosphor-Plattform 370
Dichtesortierung
  trockene 447
Dichtetrennung 332
DK-Prozess 435
Drucklaugung 568

E

EDS-Gestein 490
  Gewinnung von Metallen und kritischen Rohstoffen 494
Einbautabellen/-weisen 19
Eisen 139
Eisenhüttenschlacken 490
Elektrolyse 556
Elektroofenschlacke 458, 491
EloMinit 459
Eluat 325
Ende der Abfalleigenschaft 615
  für RC-Gips 628
Energieeffizienz 542
Energienutzung
  in KVA 70
EOS-Gestein 491
Erlass für Bodenqualität
  Niederlande 292
Ersatzbaustoffe 322, 333
  Ausschreibungspraxis 317
  einheitliches Analyseverfahren auf EU-Ebene 79
  Herausforderungen der Wiederverwertung 305
  Hersteller 309
  Marketingmaßnahmen 314
  Mischungsentwicklung 406
  Unterscheidung vieler Anwendungsfälle 310
Ersatzbaustoffverordnung 6, 23, 80, 323
EU-Säulenversuch 81

F

Feinaufbereitung 137
Feinschlacke 337
Feinstkorn 332
Fe-Schrott 321
Feuerraffination 556
Filterasche 363
Flash-Reaktor 507
Fließbett 448
Flugaschen 387, 403, 410
  ökonomische Bewertung der Zinkflüsse 381
  Stabilisierung 403
FLUREC-Verfahren 375
  Zink-Produktionskosten 383
Fragmentierung
  elektrodynamische 632
Frischbetonherstellung
  aus recyceltem Altbeton 634
Frosthebungen 722
Frosthebungsversuch 722

G

Gebäude
  Materialzusammensetzung 670
Gebäudebestand 659
Gebäudeeigentümer 612
Gebäudestruktur 674
Gefahrenabwehr
  Effektivität 606
Gesteinskörnungen
  rezyklierte 701
Gewerbeabfallverordnung 21
Gichtgasschlamm 433
Gips 411
Gipsabfälle 626
  Herkunft 625
Gipsputz 686
Gips-Recycling 623, 626

Glas-/Keramikverbundwerkstoffe 339
Green Deal zu Abfallverbrennungsasche
in den Niederlanden 291
Grenzwertableitung
in Deutschland und den Niederlanden 83
Griffigkeitsentwicklung 486
Grobschrott 329
Grundwasserschutz 11
vorsorgender 81
Grundwasserverordnung 43
Güteüberwachung 20
Güteüberwachungsverfahren
in Deutschland und den Niederlanden 87

H

Halden
im Harz 583
Umweltauswirkungen 592
Haldeninventar 592
Haldenrekultivierung 539
Hausmüllverbrennungsaschen 275, 321
Bedeutung der neuen BREF 93
Markt 285
Vermarktung 324
Hochbau
Recyclingpotenzial 655
Hochenergiemahlung 120
Hochofenprozess 439
Hochofenschlacke
Dichtesortierung 453
granulierte 513
Hochspannungsimpulsverfahren 167
Hüttenhalden 584
Hüttensand 513
Hüttenwerke
integrierte 195
Hydrozyklon 332

I

Image 319, 324
Isasmelt-Reaktor 555

K

Kalk 411
Kaltmischgut 325
Kapillarsperreneffekt 47
Keramik 341
Keramikverbundwerkstoffe
aus trocken ausgetragener
Feinschlacke 345
Kesselasche 363
Klassierung 157
Klinkerproduktion 391
Kohlendioxid
in den Betonrezyklaten 640
Kompostierungs- und Vergärungsanlagen 73
Konverter-Stäube und -Schlämme 433
Konvertieren 556
Krätzen 547
Kreislaufstoffe 417
Kreislaufwirtschaft 513
Kunststofffolien 73
Kupfer 326
Kupferhütten 554
Kupfer-Metallurgie
Verwertung der Reststoffe 545
Kupferproduktion 545
Kupferrecycling 551
Kupferschiefererz 561
Kupferschieferverhüttung 561

L

LAGA-Mitteilung 20 27
Landfill Mining 258
Lärmminderung im Straßenverkehr 487
Laugungskinetik 569
LD-Stäube und -Schlämme 433
Leichtbaustoffzuschläge 339, 344
Leiser Straßenverkehr 3 461
Löschwasserbeseitigung 603

M

Mantelverordnung 32, 80
Anmerkungen aus Sicht der Wirtschaft 3
Materialverbünde 685
Mauerwerk 686
Mauerwerkbruch 701
Mauerwerksbau
Potentiale der Kreislaufwirtschaft 681
Metallausbeuten 168
Metallkonzentrat 453

Metallpotenzial
im Abfall 108
Metallrückgewinnung 138
Ressourceneffizienz 107
nach der Verbrennung 113
vor der Verbrennung 110
Mineralikfraktion 337
Mini-BREF 99
Mischungsentwicklung 408
Mittelfrequenz-Induktionsofen 551
Monodeponie 568
Monolith 463
MVA-Flugaschenrecycling 387
MVA-Granulat 294
MVA-Rohschlacke
Beschaffungsmarkt 285
MVA-Schlacke 137
abgelagerte 257
aus deponiestämmigen EBS 260
frische 257

N

Nassherd 595
Nass- und Trockenentschlackung 119
Nebenprodukt 20
NE-Metalle 139, 321
aus Restabfällen
Zusammensetzung 221
aus Rostaschen 222
NE-Metallrückgewinnung 299
aus Abfallverbrennungsschlacken 255
Neodym-Magnettrommel 184
NE-Schrotte
sensorgestützte Sortierung 229
Nichtwohngebäude 658
Niederlande 292

O

Österreich 55
OxyCup-Technologie 417

P

Perkolation 359
Phosphor
Recycling aus Biomasseaschen 367
Phosphormanagement
nachhaltiges 369
Phosphor-Plattform 370
Porenbeton
aus recyceltem Altbeton 635
Prallmühlenverfahren 213
Prallzerkleinerung 329
Primärbaustoffe 310
Primärbaustoffsteuer 702
Produkt 324
Prozessentwicklung 169
Prozesswasser 331
Prüfwert 326
Pyroxenminerale 343

Q

Qualitätskontrolle 412
Qualitätssicherungssystem 61

R

r³-Verbundvorhaben 329
Radioaktivität 568
RAL-Gütezeichen
für mobil aufbereitete
Recycling-Baustoffe 733
REA-Gips
Qualitätsanforderungen 627
Reaktionsmischen 407
RecoDust-Prozess 503
Recycling
pyrometallurgisches 503
Recycling-Baustoffe
Hersteller 309
Herstellung 59
Standardisierung 56
stationäre und mobile Aufbereitung 736
Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit 719
ziegelreiche 720
Recycling-Baustoffverordnung
österreichische 55
Recyclingbeton 640
Recyclingeffizienz 443
Recyclinggips 623
Ende der Abfalleigenschaft 628
Recycling-Sande 701
REKAL-Verfahren 536
RENE-Adapt-Verfahren 256
RENE-Verfahren 256
Resource Mining 137

Ressourceneffizienz 623
der Metallrückgewinnung
vor und nach der Verbrennung 114
Ressourcensubstitution 337
Reststoffe 417
eisenhaltige 431
in der Kupfermetallurgie 545
Rohasche 324
Roheisen 417, 431
Rostasche
Aufbereitung 151
klassische 228, 282
nach Stand der Technik 154
Optimierung
konventioneller Technik 149
Charakterisierung 149
Rückbau
von Bauwerken 57
Rückbauverfahren
Wärmedämm-Verbundsysteme 713

S

Salzbadtrennschmelzen
von Leichtmetallschrotten 232
Salzfaktor 233
Salzschlacken 535
aus der Sekundäraluminium-
Produktion 533
Schachtofen 417
Schadstoffanreicherung 43
Schlacken 418, 547
konventionelle Aufbereitung 282
Untertageversatz 519
Schlackenrecycling 137, 140
Schlackenwäsche 325
Schlämme 418, 547
Schmelzsalz 534
Schweiz 65, 139
Schweizerische Technische Verordnung
über Abfälle 65
Schwermetall-Destillation 245
Schwermetalle
im Zement 389
Sekundäraluminium-Industrie 533
Sekundäraluminium-Produktion 534
Sevilla-Prozess 93
Siebwirkungsgrad 159
Sinterprozess 437
Skandale 313
Soil Quality Directive 81
Solventextraktion 572
Sortierschlauch 331
Sortierung 697
optische 186
sensorgestützte 229, 699
Splittmastixasphalt 470
Stabilisierung 403
Stahlherstellung 194
Stahlindustrie
deutsche 194
eisenhaltige Reststoffe 433
Stahlschlacken
Dichtesortierung 451
Stahlwerke 195
Stahlwerksschlacke 62
Behandlungsanlage 458
Einsatz als Bergversatz 525
Stahlwerksstäube 506
Stand der Technik 71
Stäube 418, 547
aus der Eisen- und Stahlindustrie 503
pyrometallurgisches Recycling 503
Steinfabrik 418
Steinformmaschine 426
Stoffkreisläufe 682
Straßenbau
Elektroofenschlacke
zur Lärmminderung 457
Sulfate 691
Sulfatgehalt 325

T

Technische Verordnung über Abfälle (TVA)
Totalrevision 65
Theisenschlamm 561
Ablagerungen 565
Verwertung 575
Tragfähigkeitsmessungen
mit dem Falling Weight Deflectometer
(FWD) 722
Tragschichten
ohne Bindemittel 719
Transferkoeffizienten 391
Trockenaufbereitung 330
Trockenentschlackung 119, 337, 338
Trockenfraktionierung 294
Trockenverfüllungen 6
TVA
Revision 66

U

Umweltschutz
vorsorgender 43
Untertageversatz 519

V

Vakuumdestillation
von Schwermetallschrotten 234
Vakuuminduktionsofen 246
Van de Walle-Urteil
des EuGH 610
Verbundbaustoffe 686
Verbundkonstruktionen 686
Veredlung 138
Verfestigung 403
Vergärungsanlagen 73
Versatzmaterialien
sekundäre 523
Vertikalsetzmaschine 331
Verursacherprinzip 609
Verwaltungsvollzug 40
Verwertungspflicht 69
Verwitterungsgrad 566

W

Wärmedämmung
Aufdopplung 712
Wärmedämm-Verbundsysteme
Langzeitverhalten 711
Verwertung 707
Werkstoffe
keramische 337
Wertstoffkreislauf 43
Schadstoffanreicherung 44
Windsichtung 337
Wirbelschicht
fluidisierte 447
Wirbelstromscheider 153, 332
Wirbelstromscheiderkaskade 158
Wohngebäude 658

Z

Zemente 410
Metallgehalte 387
Schwermetallgehalte 396
Verwendung von recyceltem Altbeton 636
Zementherstellung
Einsatz von Abfällen 71
Zementindustrie 387
Anforderungen an alternative
mineralische Rohstoffe 513
Einsatz alternativer
Brenn- und Rohstoffe 514
Zementklinkerherstellung 332
Zementwerke 332
Entsorgung von Abfällen 72
Zentrifugalsortierung 332
Zerkleinerung 686
Zerkleinerungsverhalten 177
ZERO Waste Strategie 499
Ziegelbruch 684
Zinkflüsse
durch europäische Abfallverbrennungs-
anlagen 379
Zinkkonzentrat 431
Zink-Recycling
aus Flugaschen 375
Zuschlagstoff 334