Karl J. Thomé-Kozmiensky
Daniel Goldmann

Recycling und Rohstoffe

Band 7

TK

Karl J. Thomé-Kozmiensky
Daniel Goldmann

Recycling und Rohstoffe

Band 7

TK

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Recycling und Rohstoffe – Band 7
Karl J. Thomé-Kozmiensky, Daniel Goldmann.
– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2014
ISBN 978-3-944310-09-1

ISBN 978-3-944310-09-1 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 2014
Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky, Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky
Erfassung und Layout: Ginette Teske, Fabian Thiel, Janin Burbott, Cordula Müller, Katrin Krüger
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

Rohstoffpolitik und -strategien

Internationale Aspekte deutscher Rohstoffpolitik
Günter Nooke 3

Recyclingstrategie der Europäischen Union
Karl-Friedrich Falkenberg 13

Internationale Entwicklungen zur Effizienzsteigerung bei Rohstoffnutzung und Recycling – Benchmark, Wettbewerb und Kooperationspotentiale –
Daniel Goldmann, Kai Rasenack, Martin Schmitz, Antje Wittenberg, Peggy Schulz und Torsten Brandenburg 17

Ist die Rohstoffversorgung am Wirtschaftsstandort Deutschland gesichert?
Volker Steinbach und Dieter Huy 37

Ausrichtung eines Kommunalunternehmens auf die Herausforderungen der Rohstoffsicherung
Rüdiger Siechau 41

Verfahrenstechniken für das Recycling
Karl J. Thomé-Kozmiensky 51

r^4 – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Forschung zur Bereitstellung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe –
Lothar Mennicken 67

Deutsche Forschungskompetenz im europäischen Rahmen im Rohstoffbereich
Helene Köpf, Jens Gutzmer und Andreas Klossek 79

Methoden und Indikatoren zur Messung von Ressourceneffizienz im Kontext der Nachhaltigkeit
Vanessa Bach, Laura Schneider, Markus Berger und Matthias Finkbeiner 87

Altautos

Perspektiven für das Recycling von Altfahrzeugen
– moderne Fahrzeuge und angepasste Recyclingverfahren –
Dieter Schmid und Lutz Zur-Lage 105

Markt der Gebrauchtersatzteile im Wandel
Wolfgang Kaerger 127

Rückgewinnung von Platingruppenmetallen aus Abgaskatalysatoren
Kerstin Kuchta und Friedhelm Schöne 137

Entwicklung eines hydrometallurgischen Recyclingverfahrens für NdFeB-Magnete
Tobias Elwert und Daniel Goldmann 147

Flugzeuge

Flugzeugentsorgung als neues Geschäftsfeld
– Herausforderung und Chance der Luftfahrtbranche –
Norbert Steinkemper 163

Steigflug oder Bruchlandung
– Flugzeugrecycling aus abfallwirtschaftlicher Sicht –
Jörg Woidasky 177

Elektro- und Elektronik-Altgeräte

Anlagenbilanzierung als Bewertungsinstrument
für ein Qualitätsrecycling von Elektroaltgeräten
Vera Susanne Rotter, Julia Geiping, Sabine Flamme und Maximilian Ueberschaar 191

Herausforderungen des Indium-Recyclings aus LCD-Bildschirmen und Lösungsansätze
Kai Rasenack und Daniel Goldmann 205

Ansätze zur stofflichen Verwertung von Tablets aus Sicht des Produktdesigns
Karsten Schischke, Nils F. Nissen, Lutz Stobbe, Markus Oerter, Sascha Scheiber, Alexander Schlösser, Gergana Dimitrova, Paul Genz und Klaus-Dieter Lang 217

Recyclingkonzepte für Photovoltaikmodule
Laura Benedek, Stefan Luidold, Holger Schnideritsch und Helmut Antrekowitsch 231

Wiederverwendung von IT-Geräten nach kommunaler Erfassung
Julia Hobohm, Andrew Toth und Kerstin Kuchta 251

Status des Projekts Best of two worlds – Beispiel Ghana
Andreas Manhart, Vivian Ahiayibor, Matthias Buchert, Daniel Bleher, Jürgen Meinel, Christina Meskers, Marcel Picard, Tobias Schleicher und Alexis Vandendaelen 257

Metalle

Metalle – Reserven, Preise, Umwelt –
Rainer Bunge und Ariane Stäubli 271

Wie funktioniert der Metallhandel?
Holger Biedermann, Udo Meynerts und Rüdiger Deike 289

Funktionelles und nicht-funktionelles Recycling am Beispiel Edelstahl
Barbara Reck 309

Kreislaufschließung beim Recycling von Nickelmetallhydrid-Akkumulatoren
Matthias Kaindl, Alexander Poscher und Stefan Luidold 321

Modernste Technologien in der Wiederaufbereitung von edelmetallhaltigen Rückständen
Jan Schapp 341

Kunststoffe

Ökoeffizienz in der Kunststoffverwertung
Matthias Franke, Katharina Reh und Peter Hense 353

Recycling von Carbonfasern
Dieter Meiners und Bertram Eversmann 371

Erzeugung sauberer PS- und ABS-Fraktionen aus gemischtem Elektronikschrott
Rainer Köhnlechner 379

Apparate und Verfahren

Zerkleinerung als Kostenfaktor von Recyclinganlagen
Donat Bösch und Hans-Georg Kornmeier 403

Herausforderung Reststoffzerkleinerung
– Einflussfaktoren bei der Zerkleinerung fester Abfälle –
Franz Schellander, Peter Schiffer und Helmut Flachberger 419

Elektrodynamische Fragmentierung
– Eine Technologie zur effektiven Aufbereitung von Abfallströmen –
Severin Seifert, Volker Thome und Christof Karlstetter 431

Anlagenbau im Aufbereitungsbereich
– am Beispiel der Altpapiersortierung –
Angela Hanke und Lydia Tempel 439

Sortierung von Nichteisenmetallen mit sensorbasierter Sortierung
Frank van de Winkel, Jörg Schunicht und Christian Pak 455

Modifizierung von Recyclingverfahren durch sensorbasierte Sortierung
Uwe Habich und Hendrik Beel 471

Neue Methoden zur Effizienzsteigerung von optischen Sortiergeräten
– am Beispiel der Glassortierung –
Jürgen Pramer und Reinhold Huber 483

Dank 495

Autorenverzeichnis 499

Inserentenverzeichnis 519

Schlagwortverzeichnis 525

Verfahrenstechniken für das Recycling

Karl J. Thomé-Kozmiensky

1. Abfallwirtschaft in Deutschland 51
2. Abfallverwertung 55
3. Verwertung von Leichtverpackungsabfällen 57
4. Verfahrenstechniken für die Abfallverwertung 59
5. Literatur 64

1. Abfallwirtschaft in Deutschland

Eigentlich könnten wir hinsichtlich des Niveaus der Abfallwirtschaft in Deutschland sehr zufrieden sein. Die Abfallentsorgung weist, wie aus der deutschen und europäischen Abfallstatistik ersichtlich, sowohl absolut als auch im Vergleich mit den Ländern Europas ein hohes Niveau auf. Sie gehört dank der Entwicklung und Umsetzung der Gesetzgebung, der Verfahrenstechnik und der Abfallbehandlung zur Spitzengruppe der Länder, die die Beseitigung durch Verwertung ersetzen. (Bild 1)

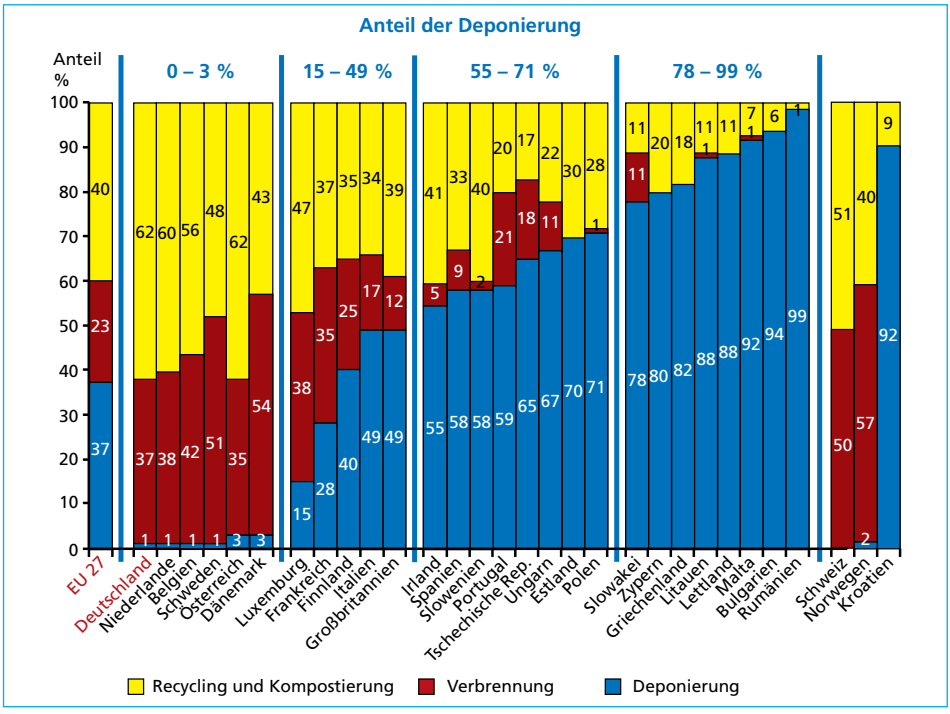


Bild 1: Siedlungsabfallbehandlung in der EU-27, der Schweiz, Norwegen und Kroatien

Quelle: eurostat 2011

Deutschland verfügt über eine Siedlungsabfallentsorgung auf hohem technischen und organisatorischen Niveau, die gleichermaßen hygienische und ökologische, aber auch wirtschaftliche und soziale Aspekte berücksichtigt und auch für die Bürger bezahlbar bleibt.

Allerdings sind auch Fehler und Missverständnisse in den offiziellen Darstellungen sowie Fehlentwicklungen in der Rechtssetzung, der Organisation und der praktischen Durchführung offensichtlich. Beispiele sind die offiziellen Statistiken des Abfallaufkommens und der Entsorgungswege, die Zuordnung von Verfahrenstechniken zu Rangfolgestufen der Abfallhierarchie, die Ermittlung der Verwertungsquoten sowie der Verwaltungsaufwand und die Kosten [13] sowohl bei den Behörden als auch bei den Unternehmen. Die Bewertung einzelner Maßnahmen für die Verwertung bedarf ebenfalls der Korrektur.

Abfallaufkommen

In Deutschland betrug das Abfallaufkommen im Jahr 2011 etwa 343 Millionen Tonnen (blaue Kurve in Bild 2). Mit der roten Kurve wird das Abfallaufkommen einschließlich der Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen dargestellt. Damit wird der Anschein erweckt, dass das gesamte Abfallaufkommen in 2011 sogar 387 Millionen Tonnen betrug. Dieser Eindruck ist falsch.

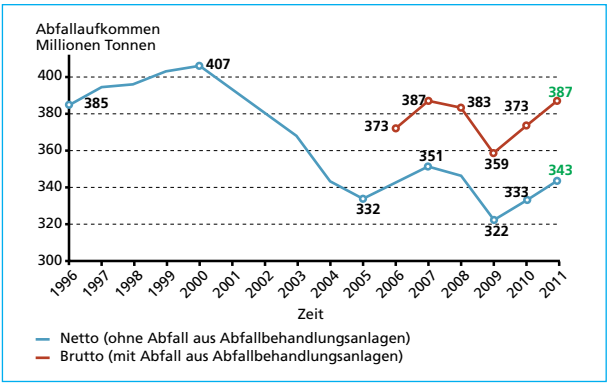


Bild 2:

Abfallaufkommen in Deutschland von 1996 bis 2011, getrennt nach Brutto- und Nettoaufkommen

Quelle: Statistisches Bundesamt, Juli 2013 (vorläufige Angabe)

Bei den Vorgängen zur Abfallverwertung handelt es sich um komplexe Gesamtprozesse, die in Teilprozesse untergliedert sind, die meistens an unterschiedlichen Orten und häufig auch in verschiedener Zuständigkeit ablaufen. Beispielhaft sei der Gesamtprozess der Rückgewinnung von Eisen aus gemischten Abfällen betrachtet:

Die erste Stufe – die Abtrennung des Schrotts aus dem Abfallgemisch – kann mit Magnetscheidern in einer mechanischen Aufbereitungsanlage oder alternativ in einer Abfallverbrennungsanlage mit Magnetscheidern aus der Asche durchgeführt werden.

Der Gesamtprozess mit dem *kalten Teilprozess* am Beginn des Gesamtprozesses kann in folgenden Teilprozessen ablaufen:

- mechanische Aufbereitung des gemischten Abfalls mit Ausschleusung der Schrottfraktion durch Magnetscheider,

- mechanische Abtrennung der anhaftenden Kunststoff- und Papierabfälle,
- Zusammenstellung verschiedener Schrotte als Vorstufe für das Schmelzen im Lichtbogenofen,
- Schmelzen im Lichtbogenofen mit Austragen von Stahl und Schlacke,
- Verarbeitung des Rohstahls zu Rohmaterial,
- Verarbeitung des Stahls in der Güterproduktion.

Erst mit der Verwendung des Stahls im Produktionsprozess ist der Kreislauf geschlossen; aus der Stahlproduktion kann die Recyclingquote ermittelt werden. Beim alternativen Gesamtprozess mit dem *warmen Teilprozess* am Beginn wird der Metallschrott aus gemischten Abfällen mit einer Abfallverbrennungsanlage mit Aussortierung des Schrotts aus der Verbrennungsasche separiert. Hier dient der Abfallverbrennungsprozess sowohl der energetischen als auch der stofflichen Verwertung. Die organischen Abfallbestandteile werden zu Wärme und/oder elektrischem Strom – also energetisch – verwertet. Die anorganischen Bestandteile werden in weitere Teilprozesse überführt, an deren Ende die stoffliche Verwertung – als Metall oder Baustoff – steht.

Bei der Bewertung des Prozesses mit der Abfallverbrennung als ersten Teilprozess kann nicht eindeutig festgelegt werden, ob dieser erste Teilprozess der stofflichen oder der energetischen Verwertung, also der zweiten oder dritten Hierarchiestufe zuzuordnen ist. Wird eine derartige Unterscheidung als notwendig erachtet, müssen alle Abfälle und Nebenprodukte, die bei den Teilprozessen entstehen, einzeln betrachtet werden.

Herkunft und Entorgung der Abfälle

In Bild 3 wird die Herkunft der Abfälle in Deutschland dargestellt. Der größte Teil des Abfallaufkommens wird in Gewerbe und Industrie erzeugt und von der Wirtschaft in eigener Verantwortung, d.h. privatwirtschaftlich entsorgt, in erster Linie verwertet.

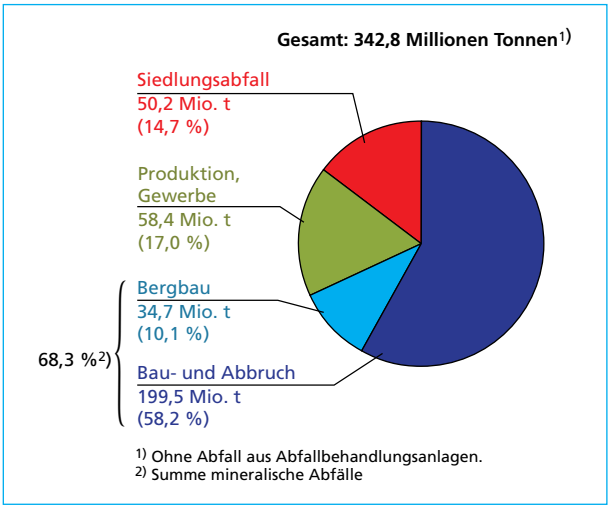


Bild 3:

Herkunft der Abfälle in Deutschland im Jahr 2011

Quelle: Statistisches Bundesamt, Mai 2013 (vorläufige Angaben)

Tabelle 1: Anlagen zur Abfallentsorgung in Deutschland im Jahr 2012

Art der Anlage	Entsorgungsanlagen		Input gesamt	
			t	
	2012*	2011	2012*	2011
Deponien	1.138	1.180	36.933.000	36.899.000
Thermische Abfallbehandlungsanlagen	168	167	24.187.000	24.479.000
Feuerungsanlagen mit energetischer Verwertung	687	668	20.512.000	20.277.000
Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen	550	536	9.230.000	8.829.000
Bodenbehandlungsanlagen	114	118	3.516.000	3.896.000
Biologische Behandlungs-anlagen	1.977	2.029	14.158.000	14.163.000
Mechnisch (-biologische) Abfallbehandlungsanlagen	60	61	4.144.000	4.474.000
Demontagebetriebe für Altfahrzeuge	1.323	1.349	486.000	479.000
Schredderanlagen-Schrottscheren	722	662	14.225.000	14.582.000
Sortieranlagen	1.077	1.031	24.243.000	24.624.000
Zerlegeeinrichtungen für Elektro- und Elektronikaltgeräte	316	298	850.000	818.000
sonstige Behandlungsanlagen	721	616	21.249.000	24.510.000
Abfallentsorgungsanlagen insgesamt	**8.853**	**8.715**	**173.733.000**	**178.028.000**

*vorläufige Zahlen

Quelle: Statistisches Bundesamt

Tabelle 2: Behandlungsanlagen für Siedlungsabfälle in Deutschland

Anzahl	Art der Abfallbehandlungsanlagen
1.077	Sortieranlagen (Stand 2012, vorläufige Angabe)[1]
252	Bioabfallkompostierungsanlagen (Stand 2010)[2]
672	Grünabfallkompostierungsanlagen (Stand 2010)[2]
800 bis 900	Vergärungsanlagen mit Genehmigung für Bioabfall[3]
61	mechanisch(-biologisch)e Abfallbehandlungsanlagen[4]
67	Abfallverbrennungsanlagen mit strengen Emissionsgrenzwerten[4]
1	Pyrolyseanlage[4]
36	Ersatzbrennstoffkraftwerke in Betrieb (Stand 12/2012)[4]
346	Deponien waren es vor dem 1. Juni 2005, dem Inkrafttreten der Abfallablagerungsverordnung
196	Deponien der Klasse II seit 2006, die nur noch für vorbehandelte Abfälle zugelassen waren
158	Deponien der Klasse II (Stand 2011)[2]

[1] Statistisches Bundesamt: Abfallentsorgung, vorläufiger Ergebnisbericht für ausgewählte Entsorgungsanlagen, erschienen im Februar 2014

[2] Statistisches Bundesamt: Fachserie 19, Reihe 1, erschienen am 5. Juli 2013

[3] Fachverband Biogas, telefonische Auskunft vom 27.2.2012

[4] eigene Recherche

Vom Gesamtaufkommen waren etwa fünfzig Millionen Tonnen Siedlungsabfälle; das sind ungefähr fünfzehn Prozent, wofür in erster Linie die Kommunen – die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger – zuständig sind. Die Kommunen erledigen die Entsorgung selbst oder vergeben sie unter Beibehaltung ihrer Verantwortung nach öffentlicher Ausschreibung an private Unternehmen oder an Public-Privat-Partnership-Unternehmen.

Einen Eindruck vom Stand der Abfallentsorgung in Deutschland vermitteln die Aufstellung der fast neuntausend Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland (Tabelle 1) sowie die in dieser Zahl enthaltenen etwa 3.500 Anlagen für die Behandlung von Siedlungsabfällen (Tabelle 2).

2. Abfallverwertung

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes wurden in 2011 etwa 77 Prozent der Abfälle verwertet und etwa 23 Prozent beseitigt. Der Verwertungsanteil verteilt sich nach dieser Statistik zu 71,3 Prozent auf die stoffliche und zu 5,8 Prozent auf die energetische Verwertung (Bild 4).

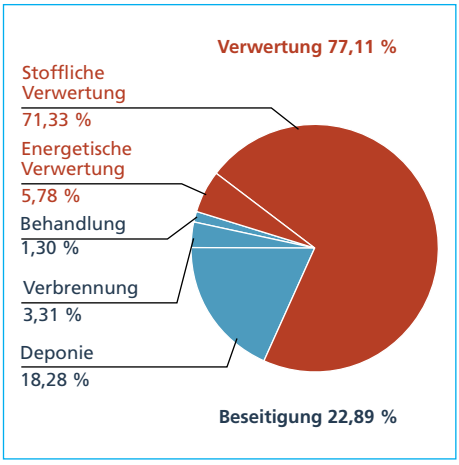


Bild 4: Verwertungs- und Beseitigungsquoten für Deutschland in 2011

Quelle: Statistisches Bundesamt

44 Millionen Tonnen Siedlungsabfälle aus Haushalten wurden getrennt gesammelt und in der offiziellen Statistik zum größten Teil der stofflichen Verwertung, also dem Recycling, zugeordnet (Bild 5).

Die offiziellen Angaben der Abfallstatistik zu den Mengen der recycelten Abfälle beziehen sich jedoch nur auf den Input in die ersten Stufen des mehrstufigen Gesamtprozesses, der sich jedoch – in Abhängigkeit von Inputmaterial und von den gewünschten Endprodukten – aus mehr oder weniger zahlreichen Einzelprozessen zusammensetzt. Für Recyclingprozesse für Siedlungsabfälle ist der erste Einzelprozess in der Regel eine Sortieranlage, also eine Anlage, in der der Abfallinput mehr oder weniger grob für die folgenden Einzelprozesse in Abhängigkeit von der beabsichtigten späteren Verwertung vorsortiert, jedoch noch nicht recycelt wird. Wirklich recycelt, also stofflich verwertet, werden nur die Anteile der Abfälle, die nach ihrer Abtrennung für die vorgesehene stoffliche Verwertung brauchbar sind und tatsächlich in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden.

Zum Verständnis: Der Weg zur stofflichen Verwertung ist als Gesamtprozess zu betrachten, der aus verschiedenen Einzelprozessen besteht, mit denen aus dem Abfallinput

einzelne Bestandteile für die vorgesehene Verwertungsart in möglichst hoher Qualität ausgeschleust werden. Der Gesamtprozess ist erst abgeschlossen, wenn die gewonnenen Sekundärrohstoffe primäre Rohstoffe und die gewonnenen Ersatzbrennstoffe primäre Brennstoffe – also auch Rohstoffe – ersetzen.

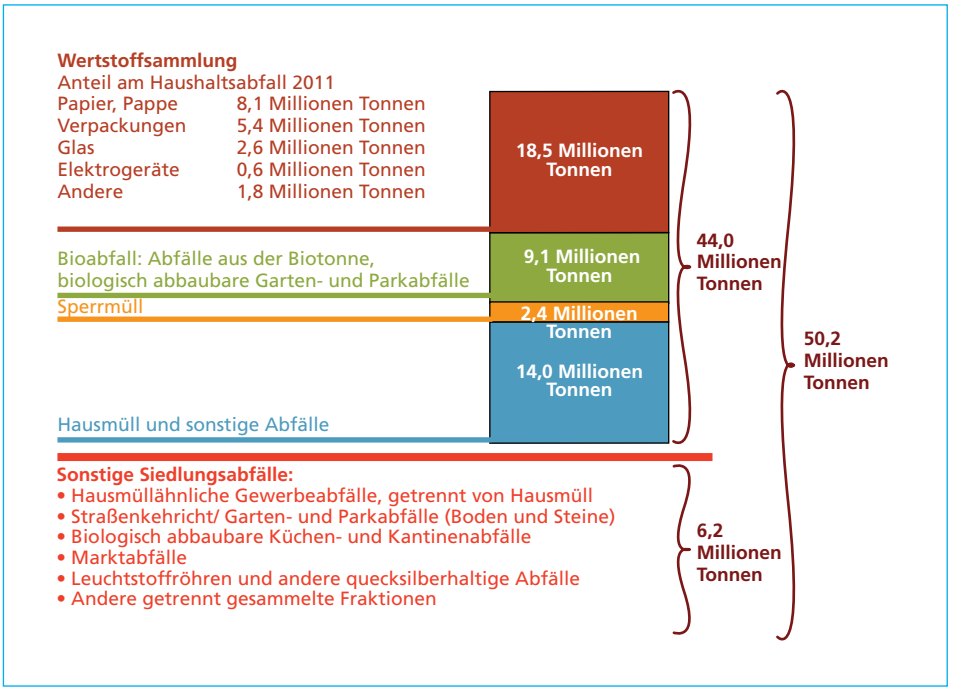


Bild 5: Abfalltrennung in Deutschland im Jahr 2011

Quelle: Statistisches Bundesamt, Mai 2013 (vorläufige Angaben)

Das dem gesamten Verwertungsprozess zugeführte nicht stofflich verwertete Material wird entweder als Restabfall in Abfallverbrennungsanlagen oder Deponien beseitigt oder als Ersatzbrennstoff in Ersatzbrennstoff- oder Kohlekraftwerken oder in Zementwerken energetisch verwertet.

Wie hier dargelegt, sind die Angaben über die recycelten Abfallanteile in der amtlichen Statistik irreführend, weil schon die der ersten Stufe des Gesamtprozesses zugeführten Abfälle der stofflichen Verwertung zugerechnet werden, auch wenn ein großer oder sogar der größte Teil des Abfalloutputs in die energetische Verwertung oder sogar in die Abfallbeseitigung geht. Hier wird Brutto mit Netto verwechselt. Für die korrekte Angabe über das Recycling, also über die in den Stoffkreislauf rückgeführten Abfälle, muss das nicht stofflich verwertete Material, das zu Verbrennungsanlagen oder zu Deponien gebracht wird, von den derzeit offiziellen Angaben der statistischen Ämter über das Recycling abgezogen werden. Die amtliche Statistik ist der Objektivität und Transparenz verpflichtet. Daher darf nur das wirklich stofflich verwertete Material der

Hierarchiestufe *Recycling* zugeordnet werden. Die Abfälle, die energetisch verwertetet oder beseitigt werden, müssen den entsprechenden Kategorien zugeordnet werden, also der *sonstigen Verwertung* oder der *Beseitigung*.

Hochwertige Verwertung

Der Begriff *hochwertige Verwertung* wird im Kreislaufwirtschaftsgesetz nicht präzise definiert. Es handelt sich also um einen unbestimmten Rechtsbegriff.

Als ein unbestimmter Rechtsbegriff wird ein Merkmal innerhalb einer gesetzliche Bestimmung bezeichnet, die vom Gesetzgeber nicht genau festgelegt worden ist. Aus sprachlicher Sicht scheint dieses Merkmal keinen eindeutigen Inhalt zu besitzen. Damit sich ein gewisser Sinn ergibt, bedarf es der Auslegung dieses Merkmals. Bei der Auslegung ist zu beachten, dass sämtliche individuelle Umstände bewertet und berücksichtigt werden müssen.

Quelle: Juraforum: Unbestimmter Rechtsbegriff

Der Gesetzgeber hat es bislang versäumt, den Begriff der hochwertigen Verwertung zu konkretisieren. Dennoch wird der Begriff von interessierter Seite regelmäßig zu Werbezwecken verwendet. Für die hochwertige Verwertung sollten Voraussetzungen definiert werden, z.B.:

- Der Recyclingprozess muss insgesamt umweltverträglich, mindestens umweltverträglicher als mögliche Alternativen sein.
- Die Produkte aus als hochwertig bezeichneten Behandlungsprozessen sollten qualitativ mit Produkten aus primären Rohstoffen vergleichbar, zumindest höherwertiger sein, als Produkte aus alternativen Recyclingprozessen. Eine gute Annäherung zur Konkretisierung des Begriffs der Hochwertigkeit eines Recyclingsproduktes kann seine qualitative Vergleichbarkeit mit Produkten aus primären Rohstoffen sein.

3. Verwertung von Leichtverpackungsabfällen

Der Fehler bei der derzeitigen Zuordnung zu den verschiedenen Kategorien der Abfallhierarchie kann am Beispiel der Leichtverpackungen weiter verdeutlicht werden: Die Leichtverpackungsabfälle werden für die erste Behandlung mechanischen Aufbereitungsanlagen zugeführt, in denen sie in hauptsächliche Stoffströme aufgeteilt werden. Nach Durchlaufen dieses ersten Teilprozesses[3] gelangen etwa:

- dreißig Prozent zu Anlagen, in denen sie für die stoffliche Verwertung konditioniert werden,
- sechzig Prozent als Ersatzbrennstoffe zu Kraft- oder Zementwerken, in denen sie – ggf. nach einem Konfektionierungsprozess – energetisch verwertet werden,
- zehn Prozent als Restabfall in Beseitigungsanlagen, z.B. in Abfallverbrennungsanlagen oder Deponien.

Schlagwortverzeichnis

A

Abbruchschrotte 298
Abbruchunternehmer 298
Abfallaufbereitung 471
Abfallbehandlung 51
Abfallgebühren 14
Abfallgesetzgebung 13
Abfallhierarchie 13, 42
Abfallrahmenrichtlinie 13
Abfallrecht 14, 179
Abfallstatistik 51
Abfallverbrennungschlacken 435
Abfallvermeidung 14
Abiotic Depletion Potential (ADP) 91
ABS/PS-Trennung 397, 476
Abtrennung von Leiterplatten 481
Afrika 7, 262
Airbus 170
Aircraft End-of-Life Solutions BV 170
Akkumulatoren 217, 321, 323
Altbeton
  Recycling 434
Altfahrzeugdemontagebetrieb 127
Altfahrzeuge 127
  Recycling 105, 108
Altfernsehgeräte 260
Altflugzeuge 165
  Entsorgung 180
  Normung und Verordnungen 181
  Zusammensetzung 183
Altglasscherben
  Sortierung von Feinstkorn 490
  Trockenreinigung durch Sublimation 484
Altpapier 439
  Qualitätsanforderungen 441
Altpapiersortierung 439
Altschrotte 298
Aluminium 172, 270, 272, 292, 295
Aluminiumgehäuse 227
Aluminium-Gusslegierungen 298
Aluminium-Legierungen 184, 458, 481
Amorphe-Siliziumzellen 237
Analysen 117
Anlagenbau 439
Anlagenbilanzierung 191
Anthropogenic Stock Extended Abiotic Depletion Potential (AADP) 91
Anthroposphäre 272
Arbeitsplätze 14
Attritionswäsche 486
Aufbereitungsrückstände 201
Aufbereitung von Abfällen 471
Aufladung
  tribo-elektrische 392
Auftrennung von Verbundmaterialien
  selektive 431
Ausgabegeräte
  automatische 252
Autokatalysator 141

B

Batterien 123
  wiederaufladbare 217, 323
Batteriesysteme
  Energie- und Leistungsdichten 322
Bauteile
  elektronische 116
Bau- und Abbruchabfälle 42
Begleitelemente 302
Behälterbaustähle 299
Beleuchtungskörper 252
Bergbauabfälle 273
Bergbaualtablagerungen 74
bergbaubezogene Umweltprobleme 284
Beryllium 293
Best of two worlds 72, 257
Bewertungsinstrumente 196
Biokunststoffe 74
Biotonnen 47
Blei 293
Blei-Säure-Batterien 258
Bordelektronik 172
Brammen 290
Brecher 407
Bronze 296
Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen 291
Bureau of International Recycling (BIR) 290

C

Cadmiumtellurid-Cadmiumsulfid-Zellen 238
Carbonfasern 371
Carbonfaser-Composite 184
Carbonfaserverstärke Kunststoffe 371, 436

CCD-Farbkamera 457
CdTeS-Solarzellen 238
Cer 293
CFK 371, 436
Charakterisierung
  recycling-orientierte 200
China 8, 43
Chlorwertbestimmung 475
Chrom 296
Chrom-Mangan-Edelstähle 317
CIGS 238
CIGSS 238
CIS 238
CO_2-Vermeidungskosten 355, 365
Cobaltelektrolyse 324
Cobaltfällung 156
Co-Location Centre 84
CrNi-Stähle 317
cut-off-grade (COG) 272

D

Daseinsvorsorge 39, 45
Deinkingware 444
Deklarationspflicht 285
Delaminierung 242
Demontage
  zur Gebrauchtteilegewinnung 130
Demontageaufwand 120
Demontagebetrieb 127
Demontagestrategie 229
Demontagestudie 218, 223
Deponierung 15
Deponie- und Verbrennungsabgaben 14
Dichtetrennung 386
Dieselpartikelfilter 121
Dissipation 273, 285
Dosierbunker 445
Dotierung 235
Downcycling 169, 312
Draht-Sortierung 480
Drei-Wege-Katalysator 141
Dual Energy 479
Dual-Energy-Röntgentransmissions-
  Sortierung 481
Duale Systeme 363
Dünnschichtmodule 240
Dünnschichtzellen 237
Durchsatzleistung
  Erhöhung der spezifischen 421
Durchschlagsfestigkeit
  gegenüber elektrischen Entladungen 431
Dynamische-Material-Fluss-Analyse
  (DMFA) 279
Dysprosium 148, 293

E

Echtzeitanalytik 475
Economic Resource Scarcity Potential
  (ESP) 92
Edelmetalle 143, 293, 296, 341
Edelmetall-Kreislauf 344
Edelmetall-Produkte 350
Edelmetall-Recycling-Unternehmen 344
Edelmetall-Wiederaufbereitung 344
Edelstahl 299
  Lebenskreislauf 313
  Recycling 309, 316
Effizienzsteigerung
  bei Rohstoffnutzung und Recycling 17
Einwellen-Zerkleinerer 423
Eisen 283, 290, 294, 297
Eisenfällung 155
Eisenguss 291
Eisenschwamm 303
Eisen/Stahl-Index 295
Eisen- und Cobaltfällung 154
Elektroaltgeräte 191, 251
  Erstbehandlung 194
Elektrofahrzeuge 121
ElektroG 193, 251
Elektrolichtbogenofen 301
Elektrolyse 324
Elektromotoren 123, 148
Elektronikschrott 257
  Aufbereitungsverfahren 380
  Gewinnung von PS- und
    ABS-Fraktionen 379
Elektroschrott 9
Elektroschrotthalden 10
Elektrostahlverfahren 294, 302
Elektrostriktion 432
Elektro- und Elektronikaltgerätegesetz
  (ElektroG) 193, 251

End-of-Life-Recyling-Rate 310
Energiebedarf
  Reduktion des spezifischen 421
Energieeffizienz 73
Energierohstoffe 37
Energie- und Klimaprogramm 353
Energieverbrauch 405
ENTIRE 18
Entmantelung 243
Entsorgungskalkulation 173
Entsorgungssicherheit 41
Entsorgungsunternehmen
  kommunale 41
Entzinkung
  von Stahlschrotten 71
Ersatz-Rohstoff 41
Ersatzteile
  aus Altfahrzeugen 128
  zertifizierte 169
Erstbehandlungsanlage
  experimentelle Stoffflussanalyse 197
Erstbehandlungsanlagen 192
Etikettenentferner 486
Europäische Union 13
Europäischer Wirtschaftsdienst 296
European Steel Association – Eurofer 294
e-waste 257

F

Fahrzeugkatalysatoren 140
Fällung 154, 326
  der Seltenen Erden 157
  fraktionierte 157
Farbkameras 478
Fastmarkets 296
Fehlwurfanteil 356
Feinkornsortierung 466
Feinsieb 447
Feinstkornsortierung
  von Altglas 490
Fließbetttrockner 485
Flotten-Ersatz 167
Flugzeuge
  Demontagebetriebe 180
  Wiederverwendung von Bauteilen 182
Flugzeugentsorgung 163
  Geschäftsmodelle 186
Flugzeugfriedhöfe 164, 169
Flugzeugrecycling 163, 169
Flusen 113
Flüssigkeitskartonagen 361
Forschung 67
Forschungskompetenz
  deutsche 79
Forschungsprojekt MORE-AERO 170
Forschungs- und Entwicklungsbedarf 76
Fragmentierung
  elektrodynamische 431
Fremdabfallanteil 356
Frischprozess 302

G

Galliumarsenid 238
Galliumarsenid-Zellen 238
Getrenntsammlung 42
Gasentladungslampen 252
Gebrauchtersatzteile
  Markt 127
  Vermarktung 131
Geosphäre 272
Gewinnungskosten 271
Ghana 72, 257
Glas
  aus Abfallverbrennungsschlacke 491
Glasfaserverbundstoffe 172
Glassortierung
  optische Sortiergeräte 483
Gold 283, 293, 341
Granulat 113
Grauguss 291
Green Economy 13, 68
Green Electronics Council 218
Gross Intrinsic Value 197
Gummi 395
Gussaluminium 460
Gusseisen 290

H

Hafnium 293
Hamburg 46
Hamburger System 254
Handelsgussbruch 297
Hartmetallwerkstoffe 302
Haushaltsgroßgeräte 252
Haushaltskleingeräte 252
Haushaltssammelware 444

Herstellerverantwortung 14
Herstellungskosten 302
Hightech-Produkte 42, 279
Hightech-Standort Deutschland 67
Hochwertteilehandel 171
Holzseparation
  elektrostatische 390
Hüttenzink 293
Hybrid- und Elektrofahrzeuge 148
Hyper-Spectral-Imaging Technologie
  472, 474

I

Importabhängigkeit 38, 43
Indium 205, 281, 285
Indiummarkt 206
Indium-Recycling
  aus LCD-Bildschirmen 205
Indium-Zinn-Oxid 207
Induktionsöfen 303
Industriemetalle 290, 295, 298
Informations- und Telekommunikations
  technik 252
Institute of Scrap Recycling
  Industries Inc 294
Iridium 293, 342
IT-Geräte 251
ITO 207

K

Kabel
  Abbrennung 263
  Recycling 467
Kalzinierung 335
Kamera
  3D 478
Kartonagen 361
Kartonagensieb 446
Katalysatoren 121
Katalysatorrecycling 143
KIC Raw Materials 83
Knetaluminium 461
Kobalt 296, 301
Kohlefaser 172
Kompetenzzentren
  regionale 84
Konsumentenpreise 271
Konverter 302
Kreislauf
  offener 343
Kreislaufwirtschaft 13, 15
  globale 257
Kristallisation 326
Kühlgeräte 252
Kühlgeräteaufbereitung 476
Kunststoffabfälle 353
Kunststoffe
  aus Elektronikschrott
    Zusammensetzung 381
  gemischte
    Sortierverfahren 385
  schwarze 476
  Arten 362
  Recycling 380
Kunststoffgranulat
  aus Elektronikschrott 398
Kunststoff-Kunststoff-Trennung
  elektrostatische 391
Kunststoffsektor 354
Kupfer 272, 292, 295, 463
Kupferfolien 227
Kupferfraktion 465
Kupfergranulate 467
Kupfer-Indium-Diselenid-Legierungs-
  Zellen 238
Kupfer-Lagerbestand 280
Kupolöfen 303

L

Labeling 285
Lagerstätten 273
Länderanalysen 18
Laptops 253
Laugenreinigung
  mit Elektrolyse 331
Laugung 154, 211
LCD-Modul 206, 222
LEDs 224
Legierungselemente 293
Leichtbaukomponenten 124
Leichtverpackungen 355, 358
Leistungselektronik 123

Leiterplatten 116, 118
  Abtrennung 481
Lenkungsinstrumente 14
Lizenzentgelt 363, 367
Lizenzgebühren 365
Lizenzierungsgrad 357
London Metal Exchange 294
Low-Cost-Carrier 165
Low-Tech-Produkte 279
Low-Tech-Verfahren 49
Luftfahrtbranche 163, 172
Luftfahrtrecht 172
Luftfahrtunternehmen 172
Lufttüchtigkeitsorganisation 168
LVP 355, 358

M

Magnesium 217
Magnesium-Kunststoff-Mischungen 227
Mahltrocknung 389
Mangan 296
Marktpreise 271
Maschinenbau 299
Maschinengussbruch 297
Materialerlös 196
Materialverbund CFK 371, 373, 436
Materialverbunde
  Auftrennung 431
Medizinprodukte 252
Messing 296, 298, 465
Metalbulletin 296
Metallbörsen 275
Metalle 271, 284
  kritische 199, 253
  strategische 71
Metallgehalt 108
Metallgewinnung 282
Metallrecycling
  274, 279, 285, 455, 471, 480
Metallreserven 272
Metallsulfide
  Fällung 330
Metal-pages 296
Mineralien
  strategische 71
Minor Metals 293
Mischkunststoffe 364
Mobiltelefone 259
Molybdän 296
MRO-Betriebe 173
MVA-Schlacke
  Auftrennung 435

N

Nachhaltigkeit 13, 87
Nachzerkleinerung 406
  Kosten 418
Nahinfrarot (NIR)-Sensor 473
Nassfermentationsanlage 46
NdFeB-Magnete 147
Nebenmetalle 293, 296
Neodym 148, 253, 272, 293
Neuschrotte 296
Nickel 172, 295
Nickelelektrolyse 325
Nickelmetallhydrid-Akkumulatoren
  hydrometallurgische Aufarbeitung 321
NIR-Sensoren 473

O

Ökobilanzierung 115, 282
Ökoeffizienz 353
Old Scrap Collection Rate 310
Old Scrap Ratio 310
Organofolie 377
Oxalatfällung 157
Oxalsäurefällung 335
Oxygenstahlroute 302
Oxygenstahlverfahren 294

P

Palladium 139, 293, 342
PAMELA 170
Papier 361, 426
Pappe 361
Passagiermaschinen 164
PET-Flaschen 362
Photovoltaik-Generator 234
Photovoltaikmodule 231

Photovoltaikzellen
Funktionsweise 234
Plasmakanal 432
Plasmaschmelze 144
Platin 139, 293, 342
Platingruppenmetalle 346
Rückgewinnung
aus Abgaskatalysatoren 137
Versorgungslage 138
Post-Consumer-Kunststoffabfälle 354
Postproduktionsschrotte 296
Post-Shredder-Technik 110
PPK 361
Praseodym 148
Preisbildungsmodelle 297
Preisentwicklung 272
Preisstatistiken 296
Primäraluminium 292
Primärhütten 292
Primärrohstoff 302
Produktdesign 217
Produktionsprozesse
rohstoffintensive 70
Produktratingsystem EPEAT 218
Pyrolyse 247

Q

Qualitätsstähle 299

R

Radialspalt-Rotorscheren 423
Recycling 13, 17, 51, 113
funktionelles 309
nicht-funktionelles 309
Recyclingaluminium 292
Recyclingeffizienz 309
Recyclingfreundlichkeit 218
Recyclinghütten 293
Recyclingindikatoren 310
Recyclingkunststoffe 380
Recycling Process Efficiency Rate 310
Recyclingquoten 42, 113, 192
Recyclingstrategie 13
Recyclingverfahren 147
hydrometallurgische 147
Recyclingziele 13
Reparatureigenschaft 218
Reserven 272
Ressourcen 271
Ressourceneffizienz 13, 17, 67, 88, 191, 309
Indikatoren
für mineralische Rohstoffe 33
Messung 87
Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess)
deutsches 68
Ressourceneffizienzstrategien 18
Ressourcennutzung und -verfügbarkeit
Ansatz zur ganzheitlichen Bewertung 92
Ressourcenproduktivität 14
Ressourcensicherheit 41
Ressourcentechnologieforschung 81
Ressourcenverbrauch 14
Ressourcenverfügbarkeit
ökologische Bewertung 91
ökonomische Bewertung 91
soziale Aspekte 92
Ressourcenwirtschaft 42
Reststoffzerkleinerung 419
Reuse-Potenzial 256
Rhenium 172
Rhodium 140, 293, 341
Roheisen 303
Röhrenfernseher 263
Rohstahl 294
Rohstoffbedarf 272, 281
Rohstoffe 13, 43
in Afrika 7
wirtschaftsstrategische 67, 81
Rohstoffindustrie 80
europäische 85
Rohstoffkosten 302
Rohstofflager 276
Rohstoffnutzung 22
Rohstoffpolitik
deutsche 3
Rohstoffpreis 271
Rohstoffpreis-Sensitivität 271, 275
Rohstoffproduktion 22
Rohstoffsicherung 17, 41, 43, 48
in Deutschland und Europa 39
Rohstoffsituation
in Deutschland 37
Rohstoffstrategie 5
Rohstoffversorgung 3, 37, 284
Röntgensortierung 477
von Nichteisenmetallen 481

Röntgentransmission-Sortierer 479
Röntgentransmission-Sensor 457
Rotorreißer 409
Rotorschere 412, 423
Rückgewinnungsraten 197
Rücknahmesysteme 252
Rückstände
  edelmetallhaltige 341
Ruthenium 293, 341

S

Sammelschrotte 296
Sand-Fraktion 113
Scavenger-Kreislauf 329
Scavenger-Technologie 349
Scherbensublimation 484
Schlacke 302, 435
Schmelzaggregate 302
Schneidringe 414
Schnellarbeitsstähle 300
Schnittsysteme 427
Schredder-Vormaterial 195
Schrotterlöse 109, 122
Schrotthändler 294, 298
Schrottwert 124
Schwellenländer 272
Schwermetalle 458
Schwimm-Sink-Trennung 386
Secondary Mining 74
Sekundäraluminium 292
Sekundärrohstoff 302
Sekundärzink 293
Seltene Erden 4, 147, 296
Separationsverfahren
  elektrostatische 390
Shredderleichtfraktion 108
Shredderschwerfraktion 476
Siebgeometrien 428
Sieböffnungsweite 426
Silber 293, 341
Silizium 296
Siliziumzellen 236
  monokristalline 236
  polykristalline 237
Sinterpulver 302
Solvent-Extraktion 328
Solvolyse 376
Sondermetalle
  Recycling 205
Sortieranlagen 439
Sortiertechnik
  zur Altpapiersortierung 444
Sortierung
  automatische 444
  induktive 477
  sensorbasierte 455, 471
  von Holz 472
  von Kunststoffen 472
  von Nichteisenmetallen 455
Sphäroguss 291
Spielzeug 252
Sport- und Freizeitgeräte 252
Spurenmetalle
  Rückgewinnung 191
Stadtreinigung Hamburg 41
Stahl 172, 290
Stahlguss 291
Stahlschrotte 294
  Entzinkung 71
Stahlschrottsortenliste 294
Stoffflussanalysen 192
Sublimation 484
Systembetreiber 363

T

Tablets 217, 255
Tantal 172
TARMAC 170
Technologiemetalle 117, 121
Tellur 293
Terbium 148
Thermoplaste
  Mischbarkeit 384
THG-Einsparung 354
THG-Emissionen 355, 358
Titan 172, 301
Total Material Requirement 197
Touchpanel-Glasabdeckung 222
Treibhausgaseinsparung 366
Treibhausgasemissionen 353
Trockenlegung 127, 179
Trocknung 485

U

Überwachungs- und Kontrollinstrumente 252
Umweltaktionsprogramm 14
Umweltbelastungspunkte 282
Umweltprobleme
bergbaubezogene 284
Umweltrelevanz 272
Unbrauchbarmachung
von Flugzeugkomponenten 169
Unterhaltungselektronik 252
Unterlizenzierung 357

V

V2A-Schrott 300
Vakuumofen 301
Verband Deutscher Metallhändler 296
Vereinigte Wirtschaftsdienste 296
Verfahrenstechnik 51
Vergasung 115
Vermeidung 13
Verpackungsabfälle 355
Verpackungskunststoffe 355
Verpackungsverordnung 42, 357
Verschleiß 405
Verwertung 113
energetische 362
Verwertungskosten 364
Vorzerkleinerung 405
Kosten 417
Vulkanisate
biobasierte thermoplastische 74
VW-SICON-Verfahren 108, 112

W

Warmarbeitsstähle 301
Washcoat 145
WEEE 251, 256
WEEE-Kunststoffe 382, 386
WEEE-Richtlinie 224
Weißblech 361
Weltbevölkerung 272
Werkstoffverteilung 108, 122
Werkzeugstähle 299
Wertschöpfung 196
Wertschöpfungsstufen 363
Wertstoffe
Rückgewinnung aus Siedlungsabfall- und Schlackedeponien 72
Wertstofftonne 46
Wertstoffwirtschaft 48
Wiederverwendung 13, 252
Wirtschaftsvereinigung Stahl (WV Stahl) 294
Wolfram 172, 301
Wolfram-Basiswerkstoffe 302
World Foundry Organisation 291
World Steel Association 290

Z

Zeilenkamera 457
Zeitungspapier 426
Zerkleinerung
Einflussfaktoren 419
Kosten 403
Verschleiß 406
Zerkleinerungsgrad 405
Energieverbrauch 406
Zertifizierung 285
Zink 293, 295
Zinn 295
Zirkon 293
Zwischenbunker 446