Karl J. Thomé-Kozmiensky
Daniel Goldmann

Recycling und Rohstoffe

Band 4

TK

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Recycling und Rohstoffe – Band 4
Karl J. Thomé-Kozmiensky, Daniel Goldmann.
– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2011
ISBN 978-3-935317-67-2

ISBN 978-3-935317-67-2 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 2011
Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky und Dr.-Ing. Stephanie Thiel
Erfassung und Layout: Nicole Bäker, Janin Burbott, Petra Dittmann, Sandra Peters, Martina Ringgenberg, Ginette Teske
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

Strategien zur Ressourcensicherung

Entwicklung und Umsetzung komplexer Recyclingsysteme unter veränderlichen Rahmenbedingungen
Daniel Goldmann 3

Recycling gegen Rohstoffrisiken?
– Rohstoffsicherung als Herausforderung für den Industriestandort Deutschland –
Hubertus Bardt 15

ProgRess: Das deutsche Ressourceneffizienzprogramm 2011
Reinhard Kaiser 23

Recycling im Spannungsfeld von Entsorgung, Rohstoffsicherung und Energieversorgung
Karl J. Thomé-Kozmiensky 37

Recycling für den Umweltschutz
– Vergleich der CO_2-Emissionen beim Einsatz von Primär- und Sekundärrohstoffen –
Hartmut Pflaum, Markus Hiebel, Boris Dresen und Carsten Schweden 71

Rohstoffe für Zukunftstechnologien
Frank Marscheider-Weidemann, Luis A. Tercero Espinoza und Gerhard Angerer 87

Eine nachhaltige Seltene Erden-Ökonomie für Europa
Doris Schüler und Stefanie Dittrich 97

Theoretisches und nutzbares Wertstoffpotenzial im Restabfall
Wolfgang Rommel, Markus Hertel und Hermann Nordsieck 113

Der Markt für Sortieranlagen in Europa
Hilmar Westholm 127

Sind Duale Systeme überflüssig?
Burkhard Landers 135

Strategische Rohstoffe in und aus Abfallströmen

Elektro(nik)-Altgeräte
– Eine Ressourcenquelle mit Perspektive? –
Andreas Habel 147

Ressourceneffizienz durch dezentrale Zusammenarbeit in Recyclingnetzen
Vera Susanne Rotter, Sabine Flamme, Ramona Götze, Steffen Heyer, Maximilian Ueberschaar, Günter Seliger und Gotthard Walter 157

E-Waste Ghana – Projektbericht
Andreas Manhart, Siddharth Prakash, Obed Opoku Agyekum und Yaw Amoyaw-Osei 167

Rohstoffe für die Elektromobilität
Eckhard Schüler-Hainsch und Sven Knöfel 173

Strategische Ressourcenplanung aus Abfallströmen am Beispiel von Lithium
Stella Konietzko 185

Rückgewinnung von Lithium aus Li-Ionen-Traktionsbatterien
– Entwicklungen im Rahmen des LiBRi Projektes –
Tobias Elwert, Daniel Goldmann und Thomas Schirmer 195

Ist das Ende der Abfalleigenschaften für Schrotte sinnvoll?
Alexander Janz, Thomas Schmid-Unterseh und Karl Biedermann 205

Recycling von Magnesium
Christiane Scharf und André Ditze 215

Rohstoffversorgung durch Aluminiumrecycling
– Der Europäische Ansatz und die globale Realität –
Georg Rombach 235

Thermische Behandlung edelmetallhaltiger Produktionsrückstände
Gebhard Schetter 247

Abfall-Massenströme

Wertstofftonne und gewerbliche Sammlung
Hartmut Gaßner 261

Auswirkungen der Wertstofftonne auf Aufbereitung und Verwertung
Joachim Christiani 275

Wertstoff-Ausschreibungsverfahren – Maximierung von Erlöspotentialen durch Wahl der richtigen Ausschreibungskonzeption –
Jörg Zablonski 285

Kommunale Wertstofftonne und Vergaberecht
Henning Holz 293

Rohstoffliche Verwertung von Kunststoffabfällen zur Herstellung von Calciumcarbid
Karl J. Thomé-Kozmiensky 301

Neues Recht für die Verwertung mineralischer Abfälle aus Sicht des Vollzuges
Heinz-Ulrich Bertram 309

Rohstoffe und Technologien für das Baustoffrecycling
Anette Müller 335

Nutzung von Eisenhüttenschlacken
Thomas Merkel 355

NE-Metallgewinnung durch Trockenentschlackung
Ralf Koralewska und Daniel Böni 371

Bioleaching von Schwermetallen und selektive Biorückgewinnung von Phosphat aus Klärschlammasche
Wolfgang Dott, Maxime Dossin und Petra Schacht 385

Urban Mining – städtebauliche Rohstoff-Potenziale
Helmut Rechberger und David Clement 393

Landfill Mining – Rohstoffpotenziale in Deponien
Matthias Franke, Mario Mocker und Ingrid Löh 403

Aufbereitungstechnik

Siebklassierung in der Recyclingtechnik
Karl J. Thomé-Kozmiensky 419

Vibrationssiebmaschinen für den Einsatz in Recyclinganlagen
Rüdiger W. Heinrich und Metodi Zlatev 451

Windsichtung als Voraussetzung für eine tiefere Separation von Abfallströmen
Markus Riggenmann 465

Zerkleinerung und Aufschluss von Abfallströmen mittels gepulster Hochspannungstechnologie
Alexander Weh und Fabrice Monti di Sopra 471

Kunststoffzerkleinerung bei reduziertem Energieeinsatz mit CentriCut-Schneidmühlen
Gunter Schippers 485

Zerkleinerung mit Matrizenpressen
Michael Gursch 493

Technische Möglichkeiten der Nahinfrarotsortierung von gemischten Industrie- und Gewerbeabfällen
Gernot Kreindl, Alexander Curtis und Stephanie Fleischhacker 503

Sensorbasierte Nahinfrarot-Sortiertechnik für Recycling und mineralische Rohstoffaufbereitung
Angelika Feierabend 521

Stand der Technik bei der Brikettierung von metallischen Spänen aus der Metallverarbeitung
Andreas Schmid, Helmut Flachberger und Franz Duspiva 529

Dank 545

Autorenverzeichnis 549

Inserentenverzeichnis 567

Schlagwortverzeichnis 573

Recycling im Spannungsfeld von Entsorgung, Rohstoffsicherung und Energieversorgung

Karl J. Thomé-Kozmiensky

1. Abfallaufkommen und Entsorgungswege in Europa 38
2. Abfallaufkommen und Entsorgungswege in Deutschland 41
3. Abfallverwertung 45
3.1. Beispiele der stofflichen Verwertung 50
3.2. Beispiele der energetischen Verwertung 51
3.2.1. Abfallverbrennung 51
3.2.2. Mechanisch-biologische Abfallbehandlung 54
3.2.3. Ersatzbrennstoffkraftwerke 56
3.2.4. Mitverbrennung in Kohlekraftwerken 59
3.2.5. Mitverbrennung in Zementwerken 62
3.3. Stoffliche und energetische Verwertungsoption 63
3.3.1. Klärschlämme 63
3.3.2. Bioabfälle 64
3.4. Stoffliche und energetische Verwertung in einem Prozess 64
4. Grenzen der Abfallverwertung 65
5. Fazit 67
6. Literatur 68

Die Abfallwirtschaft hat sich in Deutschland seit dem ersten Abfallgesetz von 1986 systematisch von der Entsorgungswirtschaft zu einer Mittlerposition zwischen Entsorgung und Versorgung entwickelt; das betrifft die Bereiche Rohstoffe und Energie (Bild 1). Begünstigt wird diese Position durch die Zwangssituation des notwendigen sicheren – d.h. auch hygienischen, umwelt- und klimaschonenden – Umgangs mit Abfällen einerseits und durch das in den Abfällen enthaltene Ressourcenpotential andererseits.

Zahlreiche Abfallwirtschaftsunternehmen, die ihre Aktivitäten nur oder zu erheblichem Anteil in den Bereichen der thermischen Abfallbehandlung und der energetischen Abfallverwertung hatten, beschränken sich heute nicht mehr auf ihr ursprüngliches Aufgabenfeld. Nicht selten betreiben sie auch Sortier-, Kompostierungs-, Biogas-, Wind-, Biomasse- und Solaranlagen. Einige Unternehmen der Energiewirtschaft – z.B. EnBW, E.ON, MVV und Vattenfall – haben sich längst zusätzlich zu ihren traditionellen Aufgaben der energetischen Abfallverwertung und zum Teil auch des Recyclings angenommen. Fast alle auch in der

Abfallwirtschaft tätigen Energiekonzerne und zahlreiche Unternehmen im vollständigen oder teilweisen kommunalen Besitz haben diesen Trend erkannt und die Nutzung erneuerbarer Energien einschließlich der Abfälle in ihre Strategie einbezogen und in diese Bereiche kräftig investiert.

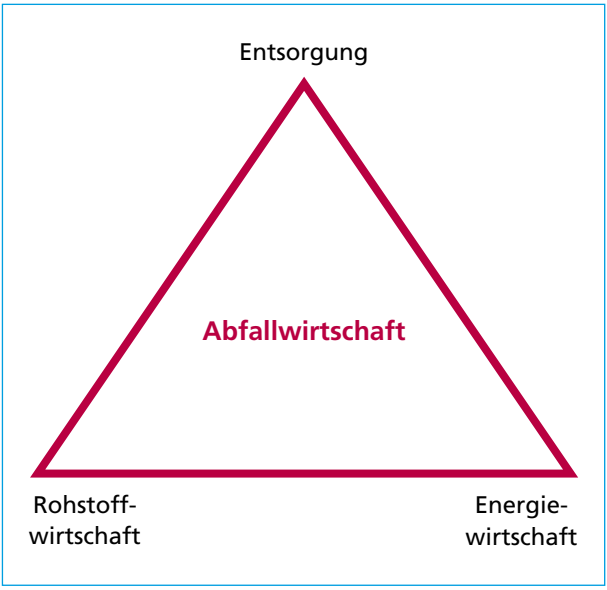


Bild 1:

Funktion der Abfallwirtschaft im Spannungsfeld von Entsorgung, Rohstoff- und Energiewirtschaft

Quelle: Thomé-Kozmiensky, K. J.: Beitrag der Abfallwirtschaft zur Energie- und Rohstoffversorgung in Deutschland. Präsentation, DepoTech, Leoben, 2010

1. Abfallaufkommen und Entsorgungswege in Europa

Die Prioritäten der EG-Abfallrahmenrichtlinie vom 22.11.2008 sind:

- Vermeidung,
- Vorbereitung zur Wiederverwendung,
- Recycling, das heißt stoffliche Verwertung,
- sonstige Verwertung, z.B. energetische Verwertung,
- Beseitigung.

Begründete Abweichungen von dieser Hierarchie sind möglich.

Verbrennung ist ein Verwertungsverfahren, sofern die Kriterien des Anhangs II der Abfallrahmenrichtlinie erfüllt sind. Die Umsetzung der Abfallrahmenrichtlinie ist in den EU-Mitgliedsstaaten noch sehr unterschiedlich (Bilder 2 und 3). Dies gilt auch für das Abfallaufkommen (Tabelle 1).

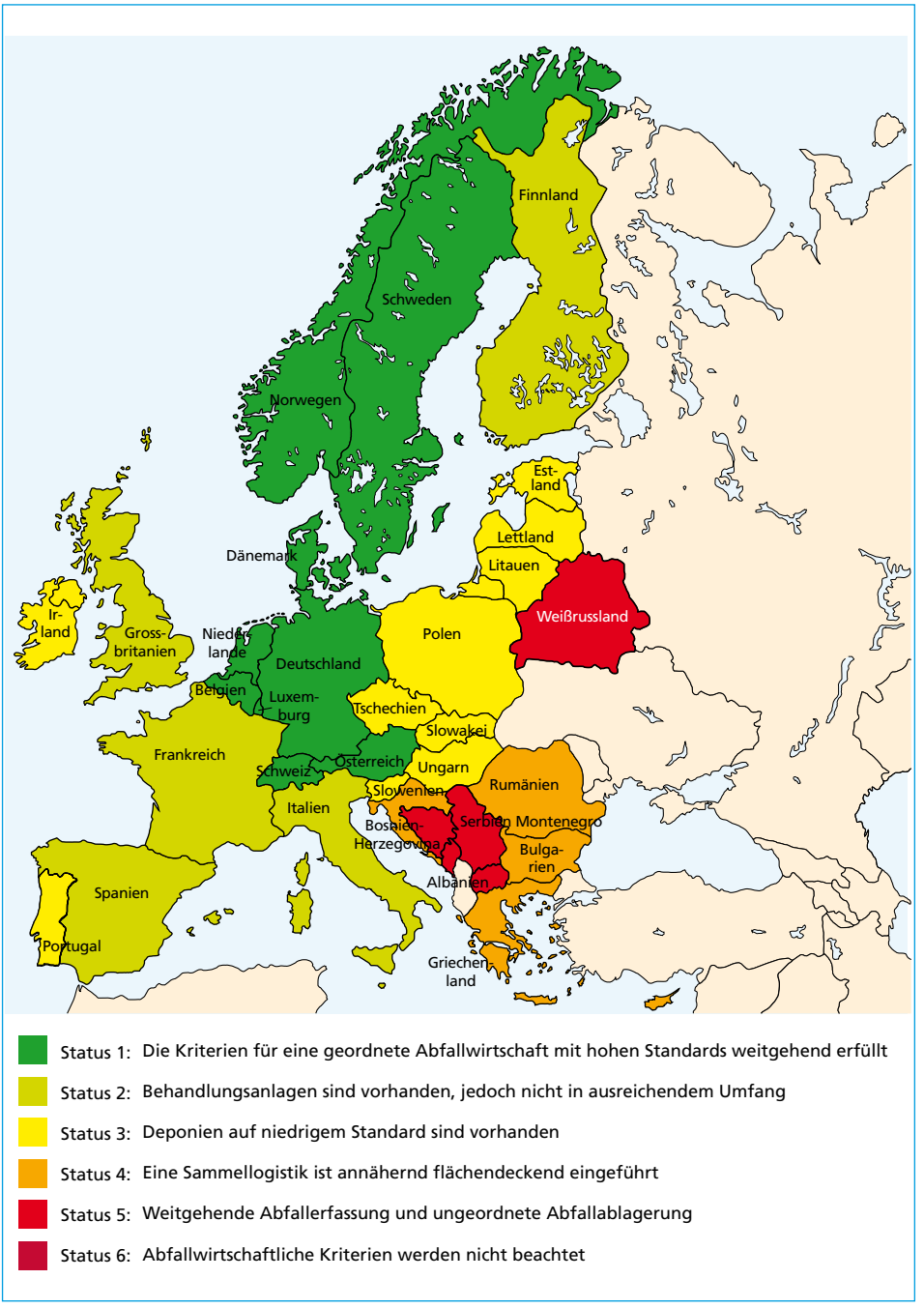


Bild 2: Entwicklungsstände der Abfallwirtschaft in Europa

Quelle: Roth, H.; Pomberger R.: Entwicklung der privaten Entsorgungswirtschaft in Österreich und im europäischen Umfeld – Der lange Weg zu einer Hightech Wirtschaft. In: Versteyl, A.; Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Texte zur Abfallwirtschaft, Band 1. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2006, S. 91-103, bearbeitet, teilweise verändert

Tabelle 1: Aufkommen und Behandlung kommunaler Abfälle in Europa in 2009

	kommunales Abfall-aufkommen	gesamte behandelte kommunale Abfälle	Behandlung der kommunalen Abfälle			
			Deponierung	Verbrennung	Recycling	Kompostierung
	kg pro Person	kg pro Person	%			
EU27	513	504	38	20	24	18
Belgien	491	486	5	35	36	24
Bulgarien	468	450	100	–	–	–
Tschechische Republik	316	274	83	12	2	2
Dänemark	833	833	4	48	34	14
Deutschland	587	564	0	34	48	18
Estland	346	285	75	0	14	11
Irland	742	730	62	3	32	4
Griechenland	478	474	82	–	17	2
Spanien	547	547	52	9	15	24
Frankreich	536	536	32	34	18	16
Italien	541	594	45	12	11	32
Zypern	778	778	86	–	14	–
Lettland	333	333	92	0	7	0
Litauen	360	342	95	–	3	1
Luxemburg	707	707	17	36	27	20
Ungarn	430	427	75	10	13	2
Malta	647	643	96	–	4	–
Niederlande	616	520	1	39	32	28
Österreich	591	591	1	29	30	40
Polen	316	264	78	1	14	7
Portugal	488	488	62	19	8	12
Rumänien	396	308	99	–	1	0
Slowenien	449	495	62	1	34	2
Slowakei	339	311	82	10	2	6
Finnland	481	481	46	18	24	12
Schweden	485	480	1	49	36	14
Ver. Königreich	529	538	48	11	26	14
Island	554	520	73	11	14	2
Norwegen	473	467	14	42	28	16
Schweiz	706	706	–	49	34	17

Daten für die EU27, Dänemark, Deutschland, Spanien, Frankreich, Italien, Zypern, Luxemburg, die Niederlande, Rumänien, Portugal und das Vereinigte Königreich sind geschätzt.

0 bedeutet weniger als 9,5 %

– bedeutet einen echten Nullwert.

1. Kommunale Abfälle bestehen zu einem großen Teil aus Abfall, der von Haushalten erzeugt wird. Sie können ebenfalls ähnliche Abfälle umfassen, die von kleineren Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen erzeugt werden und von den Gemeinden gesammelt werden. Dieser Teil der kommunalen Abfälle kann von Gemeinde zu Gemeinde und von Land zu Land, je nach lokalem Abfallentsorgungssystem, variieren.

Für Gebiete, die nicht an die kommunale Abfallentsorgung angeschlossen sind, wird eine Schätzung der erzeugten Abfallmengen vorgenommen. Nicht berücksichtigt werden Abfälle aus der Landwirtschaft und der Industrie.

1. Die angegebenen Mengen an erzeugten und behandelten Abfällen stimmen für manche Mitgliedstaaten aus folgenden Gründen nicht genau überein: Schätzungen des Abfallaufkommens von der nicht an die Müllabfuhr angeschlossenen Bevölkerung, Gewichtsverlust durch Trocknung, Doppelzählung von Abfall, der zwei oder mehr Behandlungsschritte durchläuft, Ausfuhren und Einfuhren von Abfall und zeitliche Verzögerungen zwischen Abfallaufkommen und -behandlung (vorübergehende Lagerung).
2. Abfallbehandlung bezieht sich auf die folgenden Methoden:

Deponierung ist definiert als die Ablagerung von Abfällen im oder auf dem Boden, einschließlich der Lagerung auf speziell angelegten Deponien sowie der vorübergehenden Lagerung für länger als ein Jahr.

Verbrennung bedeutet thermische Behandlung von Abfällen in einer Müllverbrennungsanlage.

Recycling ist jedes Verwertungsverfahren durch das Abfallmaterialien zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen wiederverarbeitet werden, entweder für den ursprünglichen oder für andere Zwecke.

Kompostierung ist die Behandlung biologisch abbaubarer Stoffe.
Im Allgemeinen beziehen sich die Daten zu den behandelten kommunalen Abfällen nur auf die im Mitgliedstaat behandelten Abfälle und berücksichtigen nicht die zur Behandlung exportierten Abfälle. Die Recyclingkapazitäten eines Landes können jedoch begrenzt sein. Luxemburg ist ein Beispielsfall, wo die Exporte in die recycelte Menge mit einbezogen werden.

Quelle: eurostat: Pressemitteilung 11/37, 8. März 2011

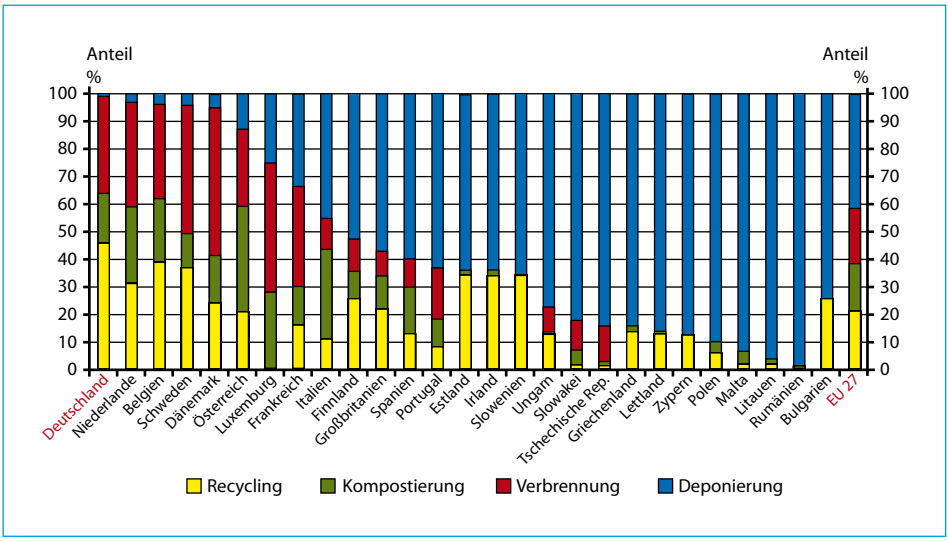


Bild 3: Abfallbehandlung in der EU-27 – Stand 2007

Quelle: Thomé-Kozmiensky, K. J.: Beitrag der Abfallwirtschaft zur Energie- und Rohstoffversorgung in Deutschland. Präsentation, DepoTech, Leoben, 2010

2. Abfallaufkommen und Entsorgungswege in Deutschland

In Deutschland werden zahlreiche Abfallbehandlungsanlagen betrieben:

- ~ 1.000 Sortieranlagen für Gewerbeabfälle,
- 813 Kompostwerke für getrennt gesammelte Bioabfälle aus Haushalten und Gewerbe sowie Garten- und Parkabfälle,
- 85 Vergärungsanlagen für getrennt gesammelte Bioabfälle aus Haushalten und Gewerbe sowie Garten- und Parkabfälle,
- 61 mechanisch(-biologisch)e Abfallbehandlungsanlagen,

- 67 Abfallverbrennungsanlagen mit strengen Emissionsgrenzwerten,
- 1 Pyrolyseanlage,
- 30 Ersatzbrennstoffkraftwerke in Betrieb, weitere 6 Anlagen in Bau (Stand November 2009),
- 346 Deponien waren es vor dem 1. Juni 2005, dem In-Kraft-Treten der Abfallablagerungsverordnung,
- 196 Deponien der Klasse II seit 2006, die nur noch für vorbehandelte Abfälle zugelassen sind.

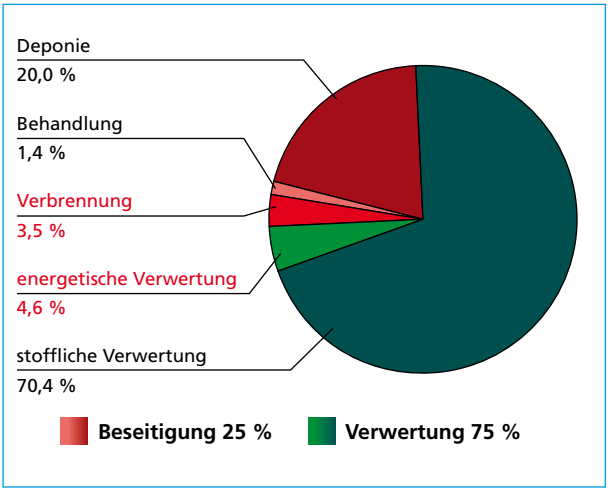


Bild 4:

Abfallverwertung und -beseitigung in Deutschland in 2008

Quelle: Thomé-Kozmiensky, K. J.: Beitrag der Abfallwirtschaft zur Energie- und Rohstoffversorgung in Deutschland. Präsentation, DepoTech, Leoben, 2010

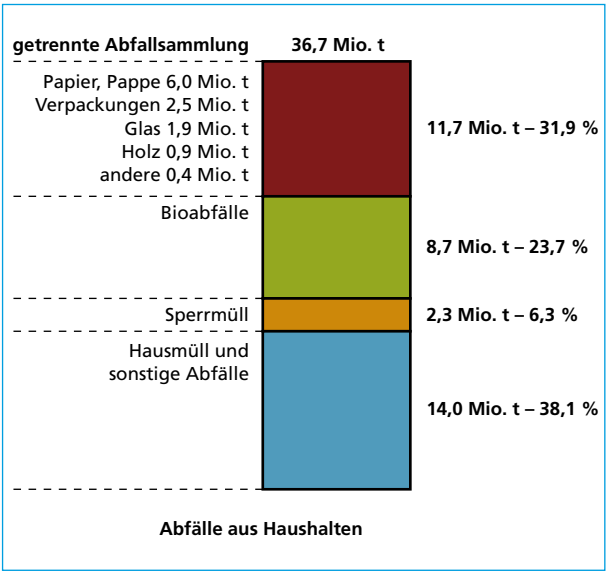


Bild 5:

Aufkommen und Entsorgungswege von Abfällen aus Haushalten in Deutschland 2008

Quelle: Thomé-Kozmiensky, K. J.: Beitrag der Abfallwirtschaft zur Energie- und Rohstoffversorgung in Deutschland. Präsentation, DepoTech, Leoben, 2010

Das Abfallaufkommen in der Bundesrepublik Deutschland ist seit Beginn dieses Jahrhunderts annähernd stetig von mehr als vierhundert Millionen Tonnen im Jahr 2000 auf etwa 332 Millionen Tonnen im Jahr 2005 zurückgegangen, um dann wieder anzusteigen.

Es betrug im Jahr 2007 rund 387 Millionen Tonnen (Tabelle 2). Den größten Teil des Abfallaufkommens machen mit annähernd zweihundert Millionen Tonnen Bau- und Abbruchabfälle aus. Die übrigen Abfallhauptgruppen – Siedlungsabfälle, Abfälle aus Produktion und Gewerbe sowie Bergematerial aus dem Bergbau – tragen jeweils mit gut vierzig bis 56 Millionen Tonnen fast zu gleichen Teilen zum Rest des Gesamtaufkommens bei. In Tabelle 4 ist das Aufkommen an Haushaltsabfällen nach Abfallarten untergliedert.

Tabelle 2: Abfallaufkommen in Deutschland von 2000 bis 2007

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	Mio. t							
Siedlungsabfälle	50,1	49,4	52,8	49,6	48,4	46,6	46,4	47,9
Bergematerial aus dem Bergbau (nicht gefährliche Abfälle)	48,2	49,2	45,5	46,7	50,5	52,3	42,0	42,9
Abfälle aus Produktion und Gewerbe	47,7	45,3	42,2	46,7	53,0	48,1	55,1	58,5
Bau- und Abbruchabfälle (einschließlich Straßenaufbruch)	260,7	251,3	240,8	223,4	187,5	184,9	196,4	201,8
Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen[1]							32	35,8
Abfallaufkommen insgesamt	**406,7**	**395,2**	**381,3**	**366,4**	**339,4**	**331,9**	**372,9**	**386,9**

[1] Ab 2006 erstmals erhoben als Bestandteil des Gesamtaufkommens

Hinweis: Die Regelungen des Umweltstatistikgesetzes von 1994 sind nicht auf eine unmittelbare Erfassung des Abfallaufkommens ausgerichtet. Erfasst werden seit 1996 in erster Linie die jeweils eingesetzten Abfallmengen bei den Betreibern von Abfallentsorgungsanlagen.

Quelle: Statistisches Bundesamt, 2009

Die Möglichkeiten zur Abfallverwertung sind bei diesen Abfallgruppen durchaus unterschiedlich, ebenso ihr potentieller Beitrag zur hochwertigen Verwertung und damit zur Rohstoff- und Energieversorgung (Tabelle 3). Bau- und Abbruchabfälle eignen sich zum größten Teil lediglich als Ersatzbaustoffe und Verfüllungsmaterial, sie enthalten aber durchschnittlich auch etwa zehn Prozent brennbare Stoffe, die entweder in einer Abfallverbrennungsanlage entsorgt oder zu Ersatzbrennstoffen aufbereitet und anschließend energetisch verwertet werden. Bergematerial wird größtenteils als Versatz im Bergbau eingesetzt. Am intensivsten und erfolgversprechendsten sind die Verwertungsanstrengungen bei Abfällen aus Produktion und Gewerbe sowie bei Siedlungsabfällen.

Tabelle 3: Verwertungsquoten der hauptsächlichen Abfallströme in Deutschland von 2000 bis 2010

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	%										
Abfälle insgesamt	66,5	66,3	66,1	66,0	65,0	66,0	74,0	73,0			
Siedlungsabfälle	51,1	50,9	56,4	58,0	57,0	62,0	70,0	75,0			
Abfälle aus Produktion und Gewerbe	49,4	48,6	38,5	42,0	57,0	64,0	83,0	77,0			
Bau- und Abbruchabfälle	87,7	88,3	85,6	86,0	86,0	87,0	88,0	88,0			
gefährliche Abfälle	20,0	22,3	25,7	28,0	68,0	62,0	66,0	62,0			

Quelle: Statistisches Bundesamt 2009

Tabelle 4: Aufkommen an Haushaltsabfällen 2009

EAV-Schlüssel	Abfallart	Aufkommen an Haushaltsabfällen		davon beim Erstempfänger	
				beseitigt	verwertet
		1.000 t	kg/Einw.	1.000 t	1.000 t
	insgesamt[1]	37220,1	455	14.604,9	22.615,2
	Haus- und Sperrmüll[2]	**16.238,0**	**199**	**14.130,6**	**2.107,4**
20030101	Hausmüll	13.843,6	169	12.612,4	1.231,2
200307	Sperrmüll	2.394,4	29	1.518,2	876,2
	getrennt erfasste organische Abfälle	**9.096,5**	**111**	**12,0**	**9.084,4**
20030104	Abfälle aus der Biotonne	4.325,0	53	1,5	4.323,4
200201	biologisch abbaubare Abfälle (aus Garten- und Parkabfällen)	4.771,5	58	10,5	4.761,0
	getrennt gesammelte Wertstoffe	**11.690,1**	**143**	**389,7**	**11.300,3**
150107, 200102	Glas	1.899,1	23	0,5	1.898,6
150105, 150106	gemischte Verpackungen (einschließlich Leichtverpackungen), Verbunde	2.479,7	30	352,2	2.127,5
150101, 200101	Papier, Pappe, Karton (PPK)	5.878,5	72	1,8	5.876,6
150104, 200140	Metalle	284,9	3	0,0	284,9
150103, 200138	Holz	990,0	12	18,5	971,6
150102, 200139	Kunststoffe	58,4	1	15,8	42,6
150109, 200110, 200111	Textilien	99,4	1	0,9	98,6
200123*, 200135*, 200136	Elektroaltgeräte[1]	–	–	–	–
	sonstige Abfälle	**195,6**	**2**	**72,6**	**123,0**
200113*, 200114*, 200115*, 200117*, 200119*, 200126*, 200127*, 200129*, 200131*, 200133*, 2001*	sonstige gefährliche Abfälle	63,3	1	30,7	32,5
200128, 200130, 200132, 200134, 200199, 200399	sonstige nicht gefährliche Abfälle	132,3	2	41,8	90,4

[1] Ohne Elektroaltgeräte – seit dem 24. März 2006 sind nach dem Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (ElektroG) die Hersteller von Elektro- und Elektronikgeräten für die Rücknahme und die Entsorgung der Altgeräte verantwortlich (Prinzip der Produktverantwortung). Die Sammlung der Geräte aus privaten Haushalten findet zum Teil weiter durch die Kommunen statt, zum Teil nehmen aber auch Händler und Hersteller Altgeräte zurück. Die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (örE) sind zur Ermittlung und Berichterstattung an die Stiftung Elektro-Altgeräte Register (EAR) der kategorieweisen Daten über die Rücknahme und Entsorgung der Altgeräte nur dann verpflichtet, sofern sie die Geräte eigenständig verwerten. Die Stiftung Elektro-Altgeräte Register (EAR) koordiniert als Gemeinsame Stelle der Hersteller die Abholung und Entsorgung der übrigen Geräte. Den obersten Abfallbehörden der Länder liegen zurzeit keine bundeseinheitlichen Mengen für Elektroaltgeräte vor.

Die Berechnung der einwohnerspezifischen Abfallmengen (kg/Einwohner) erfolgt einheitlich nach dem Bevölkerungsstand zum 31.12. des jeweiligen Berichtsjahres.

[2] Umfasst außer Haus- und Sperrmüll in Abhängigkeit vom jeweiligen Sammelsystem in regional unterschiedlichem Umfang auch zusammen mit Hausmüll eingesammelte hausmüllähnliche Gewerbeabfälle.

* gefährliche Abfälle

Quelle: Statistisches Bundesamt, G 201, Umwelt 2009, Wiesbaden, 2011

Schlagwortverzeichnis

A

Abfallaufkommen und Entsorgungswege
  in Deutschland 41
  in Europa 38
Abfälle
  mineralische 309
  Abgrenzung von Nebenprodukten 211
Abfall
  -behandlungsanlagen
    mechanisch-biologische 54
      in Deutschland 55
      deutschlandweite Massenbilanz 56
  -ende 10
    für Schrotte 205
  -rahmenrichtlinie 262
  -verbrennungsanlagen 51
    Beitrag zur Energieversorgung 49
    Energienutzung 54
    in Deutschland 53
    in Europa 52
  -verbrennungsschlacken
    Aufbereitung 479
  -verwertung 45
    energetische 49
    Grenzen 65
  -wirtschaft
    Entwicklungsstände in Europa 39
    Nierenfunktion 310
Abgas
  -konditionierung 252
  -reinigung 253
Abstimmungsvereinbarung 269, 272
Acidithiobacillus 386
Altkunststoffe 509
  rohstoffliche Verwertung 301
Altpapier 285, 505
Altpapier-Entscheidung 262
Altreifen 498
  -recycling 498
Aluminium 235
  -späne 540
Analyse
  sozioökonomische 168
Antriebstechnologien 176
Asphaltschichten 360
Aufschluss
  von Abfallströmen 471
Auftraggeber
  öffentliche 287
Auktion
  elektronische 291
Ausschreibung 135, 286
  gemeinsame 288
Ausschreibungspflicht 294
Ausschussteile 219
Autobatterien 171
Automobilindustrie 183, 221
AZC1231-Legierung 217, 233, 230

B

Batterien 104, 171, 192
Batterie Recycling Prozesss 198
Bauabfall
  Aufbereitungstechnologien 337
  Aufschlussverfahren 342
  Mengen 336
  rohstoffliche Verwertung 349
  Verwertungsquoten 337
Bauschutt
  -aufbereitung
    Grundoperationen und deren Ziele 338
  -recycling 455
Baustoffrecycling 344
  Rohstoffe und Technologien 335
Bauwirtschaft
  Abfallmengen und Recyclingquoten 336
Bemöllerung 303
Benetzungsvermögen 223
Beryllium 223
Beschaffung 287
Besorgnisgrundsatz 327
Beton-Recycling 480
Bioabfälle 64
Bioleaching
  von Metallen 387
  von Schwermetallen 385
  Vorteile gegenüber konventioneller Metallgewinnung 386
Biomining 385
Biorückgewinnung von Phosphat
  aus Klärschlammasche 385
Black Dross 216, 220
Blähgranulatherstellung 351
Blassichter 467
Bleischmelzen
  informelles 171
Brennen der Schmelze 224
Brikettfestigkeit 537
Brikettierpresse 534
Brikettierung 533
  von metallischen Spänen 529
Brinell-Härtemessungen 536

Bundeskartellamt 269
bvse – Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. 135

C

Calciumcarbid
  Eigenschaften 301
  Herstellung
    rohstoffliche Verwertung von Kunststoffabfällen 301
Carbid
  -behandlung 307
  -ofen 304
CentriCut-Schneidmühlen 485
Cer 97
China 99
Chloranalyse 524

D

Daseins
  -vorsorge 263
  -vorsorgeleistungen 268
Deponien 403
Dienstleistung von allgemeinem wirtschaftlichen Interesse 265
Dioxine und Furane
  Bildung 252
Doppelofensystem
  zur Gekrätzveraschung 249
Dosierschnecke 486
Dross 220, 225
Druckgusslegierung 217
Druckschwellversuch 360
Duale Systeme 135
Durchgangswahrscheinlichkeit von Grenzkorn 453
Dysprosium 97, 177

E

Edelmetalle 247
  aus Rückstandsprodukten 247
  Recycling 247
Effizienzsteigerung 485
einheitliche Wertstofftonne 261, 266
Einzelschmelzaggregate 225
Eisenhüttenschlacken 355
Eisen-, Stahl- und Aluminiumschrotte
  Ende der Abfalleigenschaften 206
Elektro
  -fahrzeuge 192, 195
  -Kleingeräte 481
  -mobilität 173, 188, 195
  -motoren 105
  -niederschachtöfen 302
Elektro(nik)-Altgeräte 81
  als Ressourcenquelle 147
  ambitionierte Sammelquoten 152
  Erfassung in Deutschland 151
  Monitoring
    Einbeziehung der Sammel- und Logistikkette 153
  Recyclingkette 158
Elektronikindustrie
  Jahresbedarf einiger Edel- und Halbedelmetalle 248
Elektro(nik)-Schrott 481
  optimierte Tiefenzerlegung 172
  Recycling 469
    in Ghana 167
  Reparaturbetriebe 171
  Sammlung und Zerlegung 170
  Zusammensetzung 149
elektronische Auktion 291
elektronische Vergabeplattformen 290
Elektroofenschlacke 355
Ellipsen
  -schwingsiebe 419
  -siebe 462
Elutionsverfahren 322
Ende der Abfalleigenschaften
  für Schrotte 205
Energie
  -effizienz
    nach der EG-Abfallrahmenrichtlinie 50
  -einsparung 216, 485
  -nutzung
    bei Abfallverbrennungsanlagen 54
  -rohstoffe 404
  -sparlampen 107
  -speicher
    in Hybrid- und Elektrofahrzeugen 196
  -verbrauch 485
Entladung
  gepulste elektrische 473
Entropieanalyse
  statistische 395
Entsorgungsträger
  öffentlich-rechtliche 265
Entwicklung
  nachhaltige 75

Erderwärmung 73
Ersatzbaustoffverordnung (EBV) 318
Ersatzbrennstoffkraftwerke
  in Deutschland 57
Europa
  Entwicklungsstände
    der Abfallwirtschaft 39
E-Waste Ghana 167

F

Fahrzeugmarktentwicklung 189
Fallstromsichter 466
Fasern 491
Fein- und Feinstsiebmaschinen 454
Feinzerkleinerung 491
Festigkeit 230
Festplatten 105
Flachmatrizenpresse 493
Flotation
  zur Aufkonzentration
    Li-haltiger Phasen 201
Flotationsberge 101
Formfüllungsverhalten 230
Fragmentierung
  elektrodynamische 474
Funktionsfähigkeit 264

G

Gallium 177
Gebäudepass
  materieller 399
Gebührenkalkulation 270
Gekrätz 248
  -veraschung 249
Germanium 177
Getrenntsammlung 285
Gewerbe- und Industrieabfälle 503
gewerbliche Sammlungen 262
Ghana 167
Gießbarkeit 230
Gießofen 225
Glasaufbereitung 470
Gleisbau 357
Gleisschotter 357
  Recycling 459
Gold 177
Granulierpresse 499
Granulierung 496
Grenzdrehzahl 454
Grundlagenforschung 110
Grundwasserverunreinigung 328
Gummi 491
  -granulat 499

H

Handel
  internationaler 102
  mit Wertstoffen 287
Hartmetallmesser 489
Haushaltsabfälle 263
High Purity (HP)-Qualität 218
Hochdruckwasserstrahl 460
Hochofenschlacke 355
  Verwendung in Deutschland 356
Hochspannungstechnologie
  gepulste 471
Höherwertigkeitsvergleich 266
Holzpellets 494
Hybrid
  -Batterien 192
  -Fahrzeuge 105, 192

I

Immersionsmethode 231
Indium 177
Industrieproduktion 15
Inhouse-Geschäft 296
Inline-Recycling 492
intermetallische Verbindungen 220
internationaler Handel 102

K

Kabel
  Verbrennung 171
Kaltkammerdruckgussmaschine 230
Katalysatoren 104
Kegelsichter 466
Klärschlammasche
  selektive Biorückgewinnung
    von Phosphat 385
Klärschlämme 63

Klassierung 452
Klimawandel 72
Knetlegierung 217
Kobalt 177
Kohlefasern
  Aufbereitung 482
Kohlekraftwerke
  Mitverbrennung 59
Kollergangprinzip 493
Kollermühle 493
kommunale Selbstverwaltung 266
kommunale Selbstverwaltungsgarantie 268
kommunale Trägerschaft 267
Kooperation 288
Kooperationsprinzip
  umweltrechtliches 271
Korrosion 230
Korrosionsraten 231
Kreislaufwirtschaft 72, 135
Kreislaufwirtschaftsprozesse 110
Kreisschwingsiebmaschinen 419, 454
Kühlgeräterecycling 172
Kunststoff
  technischer 491
  -abfälle
    rohstoffliche Verwertung 301
  -artensortierung 283
  -identifikation und -sortierung 523
  -zerkleinerung 485
Kupfer 177, 218
  -leaching 385
  -schrotte
    Ende der Abfalleigenschaften 210

L

LAGA-Mitteilung 20 313
Lagerstätten 100
Länderkonzentration 180
Landfill Mining 403
Lanthan 97
Laugung
  selektive
    des Lithiums 201
LEDs 107
Leichtverpackungen
  siehe LVP
Leuchtstoffe 104
LiBRi Projekt 195
Linearschwingsiebe 419, 454
Lithium 177, 185
  Rückgewinnung aus Li-Ionen-Traktions-
    batterien 195
Lithium Battery Recycling Initiative
  (LiBRi) 196
Lithium-Ionen-Batterien 186, 195
  Aufkommen 190
  Recycling 189
Losbildung 288
Luftüberschusszahl
  Einfluss auf den Gasausbrand 251
LVP 80
  -Sortierkosten 280
  -Sortieranlagen 280
  -Sortierkapazität 280

M

Magnesium 215
  Anwendungsgebiete 215
  -rückstände 216
  -schmelzofen 230
Magnete 102
MaRess 28
Markt 127
Martin Trockenentschlackung 373
Marx-Generator 472
Maschendurchgang 453
Materialflussanalyse 75
Material- und Ressourceneffizienz 177
Mehrkammerofen 225, 228
Metalle 404
Metall
  -inhalt 221
  -legierungen 104
  -rückgewinnung 372
Minen 99
Mineralien 404
Mitbenutzungsanspruch 269
Mitverbrennung
  in Kohlekraftwerken 59
  in Zementwerken 62
Modell Aurich 272
Monoklärschlammverbrennungsanlagen 64
Multimaterial-Recyclingansätze 12

N

Nachfrageszenarien 177
nachhaltige Entwicklung 75

nachhaltiges Stoffstrommanagement 84
Nachhaltigkeit 72
Nachhaltigkeits
-management 84
-strategie 31
Nachverhandlung 290
Nachzerkleinerer 491
Nahinfrarot
-Messtechnik 521
-Technologie 510
Nebenprodukte und Abfälle
Abgrenzung 211
NE-Metalle 377
Neodym 97, 177
Netzwerk 110
Neuschrott 225
Nichtverpackungen
stoffgleiche 267
Nickel 218
Niederschachtofen 303
Nierenfunktion der Abfallwirtschaft 310

O

öffentliche Auftraggeber 287
öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger 265
Ökosphäre 73
Operationalisierung 76
Organisations
-ermessen 267, 269
-hoheit 266, 268, 273

P

Palladium 177
Papieridentifikation und -sortierung 524
Partikel 228
-wurf 453
PCDD/F-Bildung 252
Polyethylen 491
Pelletierpresse 493
Permanentmagnete 104
PET 491
Pflasterbettung 364
Phosphat
selektive Biorückgewinnung
aus Klärschlammasche 385
Phosphatfixierung
durch Mikroorganismen 389
Phosphor 104, 405
Planspiel zur Fortentwicklung
der Verpackungsverordnung 267
Planungssicherheit 265
Platin 177
Post Consumer Scrap 216
Polypropylen 491
PPK-Erfassung 270
Prallbrecher mit Vorsiebmaschine 455
Praseodym 97, 177
Preisanpassungsformeln 289
Primär
-magnesiumproduktion 216
-prozess 77
-rohstoffe 76
Produktionsrückstände
edelmetallhaltige
thermische Behandlung 247
Produktverantwortung 135, 267
geteilte 153
ProgRess 23

Q

Querstromsichter 467

R

Radioaktivität 109
Raffination 227
Raffinationssalze 223
REACH 10, 212
Recycling 72, 97, 115, 215, 503
im Spannungsfeld von Entsorgung,
Rohstoffsicherung und
Energieversorgung 37
schmelzmetallurgisches 225
-anlagen 487
für Bauschutt 455
-anteil 237
-baustoffe 336
Einsatzgebiete 339
Vorschriften zu Qualität
und Anwendung 340
-effizienz 235
-gesellschaft 65, 205
-kette 4
-konzept 228
-netzwerke 157
-planung
technische und logistische
Herausforderungen 11

Recycling *(Fortsetzung)*
-privileg 212
-strategie 12, 162
-systeme
komplexe 3
-verträglichkeit 217
-wirtschaft in Deutschland
Ressourceneffizient 160
Strukturanalyse 158
Reichweiten
der Reserven ausgewählter Rohstoffe 179
Rekommunalisierung 271, 272
REM-Aufnahme 233
Reserven 97, 179
Resonanz
statistische 453
Ressourcen 92, 248
anthropogene 393
natürliche 311
-planung
aus Abfallströmen 185
-schonung 23, 72
-sicherung
Notwendigkeiten und Unsicherheiten 7
Ressourceneffizienz 25
durch dezentrale Zusammenarbeit
in Recyclingnetzen 157
-kataster 400
-programm 23
-programm 2011 (ProgRess) 5
-steigerungen 6
Restabfall 113
-sortierung 122
-sortieranalysen
Aufteilung in Sortierfraktionen 114
Rio+20 28
Risiko-Management 15
Rohstoffe 15
kritische 87
Pro-Kopf-Verbrauch 5
sekundäre 65
vulnerable 87
Rohstoff
-bedarf 90, 173
für Zukunftstechnologien
globaler 148
-initiative
europäische 241
-potenziale 403
-produktivität 31
-risiko-Management 185
-verbrauch
Entwicklung 4
Roste
bewegte 419
unbewegte 419
Rotor
offener 489
Rücknahmesystem 264
Rückstandsrecycling 247
Ruthenium 177

S

Salze 223
Sammlungen
gewerbliche 262
Sandgusslegierung 217
Schadlosigkeit
der Verwertung 311
Schadstoff
-anreicherung 311
-verteilung 326
Scheideanstalten 247
Scherenschnitt 489
Scherkräfte 497
Schlacke 355
Aufbereitung 479
Schlamm 225
Schleifschlamm
aus der Bearbeitung
von Werkzeugstählen 538
Schmelzeschutz 223
schmelzmetallurgisches Recycling 225
Schmelz
-salze 223
-temperatur 223
Schmelzen
flussmittelfreies 225
Schmelz- und Raffinationsverfahren
mit geringem Salzeinsatz 225
Schredderrückstände
Aufbereitung 469
Schredder- und Demontageschrott 219
Schrott 216, 219
Ende der Abfalleigenschaften 205
-anfall 220
-arten 219
-mengen 221
-typen 218
Schutzsysteme
für Magnesiumschmelzen 224
Schwarzstoffe 305

Schwefel 223
Schwingstangenroste 419
Sekundär
-legierung 217, 230
-lithium
Nachfrage- und Angebotsentwicklung in Europa 191
-prozess 77
-rohstoffe 76, 139
Selbstverwaltung
kommunale 266
Seltene Erden 97, 218
Setzmaschine 346
Sickerwasserprognose 328
Siebe
Bauarten 419
Einsatzgebiete 419
Sieb
-böden 419
-gutbewegung 453
-kennziffer 453
-klassierung 419
-maschinen 451
-öffnungen 457
-prozess 452
-systeme
Vergleich 419
Silber 177
Soederberg-Elektrode 304
Sortier
-anlagen 127
-maschine
sensorgestützte 347
-techniken
im Baustoffrecycling 344
Sortierung 279
Späne 219, 230
Beschaffenheit und Charakterisierung 530
-aufbereitung 542
Spannwellensiebe 419
Spanraumzahl 531
Stahltiegel 225
Stahlwerksschlacke 355
Verwendung in Deutschland 356
Stangensizer 419
Steigsichter 466
Stiftung Zentrum für nachhaltige Abfall- und Ressourcennutzung ZAR 372
stoffgleiche Nichtverpackungen 267
stoffliche Verwertung 50, 80, 127, 503
Stoffstromanalyse 110
Stoffstrommanagement
nachhaltiges 84
Strahlschlamm 219
Strom aus Abfall 67
Strömungssiebe 419
Strukturmagnesium 216
Substitution 75, 107
Substitutionspotentiale 177
Systemführerschaft 261

T

Technische Regeln 313
Terbium 97, 177
Thermo-Recycling/thermo-re 383
Tiegelschlamm 220
Tongrubenurteil 314
Trägerschaft
kommunale 267
Treibhausgasemissionen 72
Trockenentschlackung 373
Trockenschlacken
Aufbereitung 378
Austrag System KEZO 373
Trommelsiebe 419

U

Überlassungspflichten 262
Umschmelzen 230
Umweltministerkonferenz (UMK) 271
Umweltrisiken 97
Urban Mining 393

V

Verbrennung
unvollständige 251
Verbundwerkstoffe
sortenreine Zerlegung 471
Vergabe
-konzeption 287
-plattformen
elektronische 290
-recht 285, 294
Vergabe- und Vertragsordnung für Leistungen (VOL/A) 291
Verhältnismäßigkeitsfaktor 322

Vermarktung von Wertstoffen 285, 288
Verpackungsverordnung 261
Versorgungs
-risiko 89
-sicherung 182
Vertragsänderung 298
Vertrag von Lissabon 266
Verwertung
energetische 51
stoffliche 50, 80, 127, 503
Verwertungsquoten
in Deutschland 43
Vibrationssiebmaschinen 419, 451
Vorsiebmaschine 455

W

Waschkammer 461
Wasch- und Klassieranlage 459
Wertstoffe 113
in Elektro(nik)-Altgeräten 148
Wertstoff
-erfassung
Versuche zur Umstellung 120
-fraktionen 263
-handel 287
-potenzial 113
Maßnahmen zur Abschöpfung 122
im Restabfall
theoretisches und nutzbares 113
-tonne 9, 122, 135, 293
Auswirkungen auf Aufbereitung und Verwertung 275
einheitliche 261, 266
erweiterte 123
Idealzusammensetzung 276
kommunale 293
spezifische Erfordernisse bei der Sortierung 281
-vermarktung 285, 288
Wettbewerb 133
Windkraft 67
Windsichtung 373, 465
zur Bauschuttaufbereitung 345
Wurfsiebmaschinen 452

Y

Yttrium 97

Z

Zementwerke
Einsatz von Ersatzbrennstoffe 62, 64
Einsatz von sekundären Rohstoffen 64
Zentrale Registrierungsstelle 135
Zerkleinerung 471
elektrodynamische 474
kontaktlose 475
Zerkleinerungstechnik 494
Zick-Zack-Sichter 466
Zugprobe 230
Zukunftstechnologien 87
globaler Rohstoffbedarf 148
Zündkerzen
Aufbereitung 482