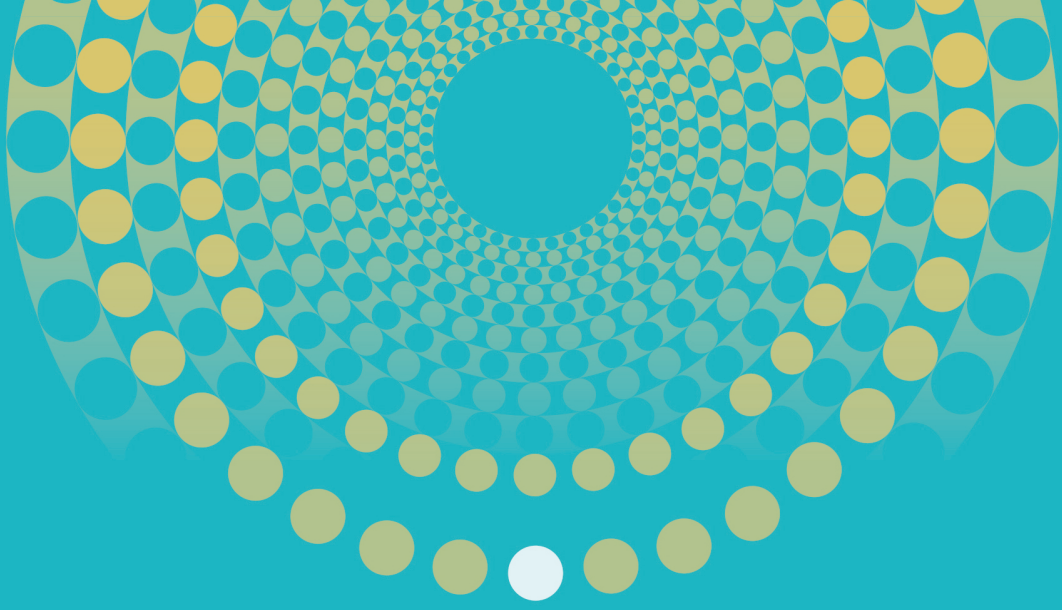


Karl J. Thomé-Kozmiensky
Daniel Goldmann

Recycling und Rohstoffe

Band 10

TK

Karl J. Thomé-Kozmiensky †
Daniel Goldmann

Recycling und Rohstoffe

Band 10

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

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Daniel Goldmann (Hrsg.):
Recycling und Rohstoffe – Band 10

ISBN 978-3-944310-34-3 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Stephanie Thiel
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2017
Redaktion und Lektorat: Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.
Erfassung und Layout: Claudia Naumann-Deppe, Janin Burbott-Seidel, Anne Kuhlo, Sandra Peters, Ginette Teske, Gabi Spiegel, Cordula Müller
Druck: Universal Medien 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

10 Jahre Berliner Recycling- und Rohstoffkonferenz
– Rückblick und Ausblick –
Daniel Goldmann 1

Wirtschaft, Potentiale und Strategien

Sekundärrohstoffpotential eines kommunalen Entsorgers
Alexander Gosten 11

Innovationen für Ressourceneffizienz und Wirtschaften in Kreisläufen
– Aktuelle Forschungsförderung des BMBF –
Helmut Löwe 27

Ressourceneffizienz im Rahmen der G20
Birgit Schwenk und Moritz Mues 37

Das virtuelle Rohstoffforschungsinstitut GERRI:
Innovationskatalysator für Deutschland
Helene Köpf, Claudia Güth, Kai Rasenack, Elinor Rombach, Ekaterina Schmid, Bernd Friedrich, Daniel Goldmann, Markus Reuter, Rudolf Stauber und Michael Stelter 45

Ressourceneffizienz in der produzierenden Industrie:
Bewertung, Benchmarking, Praxisbeispiele
Liselotte Schebek 53

Substitution als Strategie zur Minderung der Kritikalität
von Rohstoffen für Umwelttechnologien
Stefanie Degreif, Matthias Buchert, Winfried Bulach, Siegfried Behrendt und Felix Müller 65

Nachhaltigkeit durch Wiederverwendung
– das Stilbruch-Konzept in Hamburg –
Jörg Bernhard 85

Metalle

Steigerung der Ressourceneffizienz der Eisen- und Stahlindustrie durch ein optimales Stoffstrommanagement
Josephine Müller, Rüdiger Deike und Wolfgang Mayer 103

Technische, ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Faktoren von Stahlschrott
Jochen Nühlen und Markus Hiebel 117

Tantalrecycling
Frank Schulenburg, Hartmut Rossel und Ulrich Bartmann 137

Herausforderungen beim Recycling wolframhaltiger Schrotte
Stefan Luidold 155

Kunststoffe und Verbunde

Chancen und Risiken beim Handel mit Kunststoffabfall
Tilman Quensell 167

Sortierung von schwarzen Kunststoffen nach ihrer Polymerklasse mit Hyperspectral-Imaging-Technologie
Hendrik Beel 175

Kunststoff-Sortierung aus Schredderrückständen mit Hochleistungs-Laserspektroskopie
Jan Meyer, Dirk Fey und Stefanie Krieg 193

Innovatives Verfahren zur Anreicherung von Polyolefin-Konzentraten aus industriellen Reststoffströmen zum Zwecke einer stofflichen Verwertung
Daniel Schwabl, Helmut Flachberger, Lukas Kranzinger, Markus Bauer und Wolfgang Hofer 199

Charakterisierung und Potential polyolefinreicher Abfallströme für die rohstoffliche Verwertung
Lukas Kranzinger, Roland Pomberger, Daniel Schwabl, Markus Bauer und Wolfgang Hofer 219

Kohlenstofffaserrecycling
– Voruntersuchungen zum elektrohydraulischen Aufschluss von kohlenstofffaserverstärktem Duroplast –
Carsten H. M. Orzol und Hans-Georg Jäckel 229

Charakterisierung von Stäuben, die bei der mechanischen Zerkleinerung von CFK entstehen
Thomas Krampitz, Sophia Thüm und Holger Lieberwirth 235

Rotorblätter aus Windkraftanlagen
– Herausforderungen für das Recycling –
Alexandra Pehlken, Henning Albers und Frauke Germer 247

Optimierung des ökologischen Fußabdrucks neuer Werkstoffe in einer Kreislaufwirtschaft
– Herausforderungen und Lösungen für karbonfaserverstärkte Kunststoffe und Solarmodule –
Karsten Wambach, Wolfgang Rommel und Sandra Kerner 261

Fahrzeuge

Klärung des Verbleibs von außer Betrieb gesetzten Fahrzeugen
Regina Kohlmeyer, Knut Sander, Matthias Jung und Lukas Wagner 285

Altfahrzeuge – Verwertungsquoten 2015 und Hochwertigkeit der Verwertung
Knut Sander, Regina Kohlmeyer, Lisa Rödig und Lukas Wagner 305

Aufschlusszerkleinerung metallintensiver Leichtbaustrukturen zur Freilegung von Wertstoffkomponenten am Beispiel einer Hybrid-B-Säule in Mischbauweise
Holger Lieberwirth, Thomas Krampitz und Sebastian Schnutz 327

Elektrofahrzeugrecycling 2020
– Schlüsselkomponente Leistungselektronik –
Winfried Bulach, Doris Schüler, Guido Sellin, Tobias Elwert, Dieter Schmid, Daniel Goldmann, Matthias Buchert und Ulrich Kammer 339

Die Luftfahrtindustrie als anthropogenes Rohstofflager
Sebastian Jeanvré und Jörg Woidasky 357

Elektro- und Elektronikgeräte

Metallurgische Konzepte zur Verwertung von Elektronikschrott
Alexander Birich, Nikolaus Borowski, Fabian Diaz, Liliane Peters, Anna Trentmann, Benedikt Flerus und Bernd Friedrich 367

Thermische Behandlung von Elektro- und Elektronikschrott
Kerstin Kuchta 383

Laugungsverhalten von Kupfer aus einer Elektro- und Elektronikaltgerätefraktion
Christoph Sorger, Stefan Luidold und Stefan Konetschnik 391

Aufbereitung

Mechanische Aufbereitungsprozesse effizient gestalten
Erdogan Coskun, Marcel Bosling, Marius Dombrowa, Alexander Feil und Thomas Pretz 407

Neue Methoden zur Wertstoffgewinnung aus primären und sekundären Rohstoffquellen
Katrin Bokelmann, Thorsten Hartfeil, Katerina Kunkel, Michael Binnewies, Carsten Gellermann und Rudolf Stauber 427

Siebwirkungsgrad von Trommelsieben in Abfallbehandlungsanlagen – Untersuchungen zum Einfluss zweidimensionaler Materialien –
Sebastian Kaufeld, Erdogan Coskun, Marcel Bosling und Thomas Pretz 439

Einsatz von Spezialsiebmaschinen im Recycling – Praxisbeispiele –
Peter Lang und Christoph Baier 455

Abtrennung von feinen NE-Partikeln aus Sekundärrohstoffen mit Hilfe eines Barriere-Wirbelstromscheiders
Alexander Gaun und Tobias Elwert 473

Brandschutz

Brandschutz in Recycling- und Abfallverwertungsanlagen
Uwe Klinkhardt 485

Informationstechnologien in der Abfallwirtschaft

Recycling 2.0 – Feldstudien zur Untersuchung psychologischer Determinanten von Elektrokleingeräterecycling –
Alexandra Kibbe und Siegmar Otto 507

Hochwertige Abfallverwertung durch verwertungsorientierte Identifikation und Lenkung von Stoffströmen
Helmut Spoo 515

Automatische Detektion von Fremdstoffen in Bioabfall und Altpapier sowie von Metall-Wertstoffen im Restabfall am Sammelfahrzeug
Hans Jürgen Maier 533

Telematik-Plattform für die Entsorgungsbranche – Integrierte mobile IT-Systeme –
Maurice van den Heuvel 547

Autorenverzeichnis 559

Inserentenverzeichnis 581

Schlagwortverzeichnis 587

10 Jahre Berliner Recycling- und Rohstoffkonferenz

– Rückblick und Ausblick –

Daniel Goldmann

1. Zehn Jahre Berliner Recycling- und Rohstoffkonferenz – ein Rückblick 2

2. Und die nächsten zehn Jahre? Der Versuch eines Ausblicks 2

3. Einführung zu den Beiträgen im vorliegenden Buch 4

3.1. Sekundärrohstoffpotentiale und Wirtschaften in Kreisläufen 4

3.2. Die Entwicklung von Netzwerken und Kooperationen als Innovationstreiber 5

3.3. Ressourceneffizienz, Substitution und Nachhaltigkeit 5

3.4. Recycling von Metallen, Kunststoffen und Verbunden 5

3.5. Altprodukte als Rohstoffquelle 6

3.6. Aufbereitung und Brandschutz in Abfallbehandlungsanlagen 7

3.7. Recycling 4.0 und Informationstechnologien in der Abfallwirtschaft 7

3.8. Forschung und Entwicklung für die Zukunft des Recyclings 8

4. Zum Abschluss 8

Vorbemerkung

Die in mehrfacher Hinsicht besondere Konferenz in diesem Jahr veranlasst mich, den Einführungsbeitrag für den Tagungsband in Teilen wesentlich persönlicher zu gestalten, als das für Beiträge in wissenschaftlichen Kongressen normalerweise üblich ist. Ich hoffe auf Ihr Verständnis hierfür.

In Memoriam

Eigentlich sollte diese Konferenz, dieser runde Geburtstag ein Anlass ungetrübter Freude sein. Nicht über die Entwicklungen der Rahmenbedingungen und Märkte, wohl aber darüber, dass im Laufe einer Dekade eine Gemeinschaft aus Teilnehmern und Teilhabern aus allen Bereichen der Wirtschaft, kommunalen Körperschaften, Wissenschaft, Politik und Verwaltung zusammengewachsen ist, deren Mitglieder zwar unterschiedliche Sichtweisen und Interessen vertreten, aber dennoch ein gemeinsames Ziel verfolgen. Nun wird diese Veranstaltung überschattet vom Ableben des Gründers

dieser und vieler anderer Konferenzreihen etwa um das Thema Abfall und Energie. Karl J. Thomé-Kozmiensky, der Doyen der Abfallwirtschaft, Lehrer und Mentor für viele von uns, für mich persönlich ein Freund, Kollege und Ratgeber, ist im letzten November kurz nach Vollendung seines achtzigsten Lebensjahres verstorben. Ich hatte das Glück, diese Konferenzreihe zehn Jahre lang gemeinsam mit ihm planen und veranstalten zu können. Er fehlt uns, in seinem Sinne werden das Team des TK Verlages und ich aber diese Konferenzreihe fortführen.

1. Zehn Jahre Berliner Recycling- und Rohstoffkonferenz – ein Rückblick

Zehn Jahre, zehn Veranstaltungen, das ist ein Grund, zurückzuschauen, und zu rekapitulieren, worüber in dieser Dekade berichtet wurde. Von vornherein war unsere Konferenz nicht als rein wissenschaftlicher Fachkongress ausgelegt worden sondern als Plattform zur Information und Diskussion über die Grenzen von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik hinweg. Dementsprechend waren und sind die Plenarveranstaltungen das Forum für Perspektiven, Strategien, Politik und Recht. Die kontinuierliche Begleitung durch die Bundesministerien für Wirtschaft, Umwelt und insbesondere für Bildung und Forschung haben ihren Part dazu beigetragen, dass die Orientierung an zukünftigen gesellschaftlichen Herausforderungen nie aus dem Blick geriet. Hierfür bedanken wir uns ausdrücklich. Gleichfalls geht der Dank an die Unternehmen und Forschungseinrichtungen sowie alle anderen Referenten, die immer wieder zum Gelingen der Veranstaltung beigetragen haben.

Begann die Konferenzreihe mit einer kleineren Zahl an Beiträgen, die drei Fachforen über ein breites Themenspektrum füllten, wuchs die Zahl der Vorträge und Teilnehmer im Lauf der Jahre an. So wurden aus der Konferenz Teilgebiete ausgegliedert und in eigenständige Konferenzreihen überführt wie etwa im Jahre 2013 die Berliner Schlackenkonferenz, seit 2014 als Reihe *Mineralische Nebenprodukte und Abfälle*. Dennoch ist auch für den verbleibenden Part das Programm weiter angewachsen, so dass in diesem Jahr erstmals fünf Fachforen parallel tagen.

Seit Anbeginn der Konferenzreihe bilden die Segmente etwa um die komplexen Altprodukte Altfahrzeuge, Elektroaltgeräte und Altbatterien zentrale Kernthemen, die im Laufe der Zeit Aspekte der Elektromobilität und der Photovoltaik mit aufnahmen. Ein Dauerbrenner sind ebenfalls Abfallströme aus den Bereichen Metalle, Kunststoffe und Papier. Die dazugehörigen maschinen- und verfahrenstechnischen Entwicklungen insbesondere aus den Bereichen Aufbereitungstechnik und Metallurgie runden das Bild ab. So ist im Laufe der Zeit zu diesen Themen in den Tagungsbänden eine Art fortlaufende Enzyklopädie entstanden, die die Entwicklung auf diesen Gebieten widerspiegelt.

2. Und die nächsten zehn Jahre? Der Versuch eines Ausblicks

Ich gebe zu, dass ich nach den ersten Jahren Zweifel hatte, ob es uns gelingen würde, jedes Jahr erneut ein attraktives Programm mit entsprechenden Neuheiten zu gestalten. Diese Zweifel haben sich mittlerweile zerstreut, denn die Welt des Abfalls ist

Schlagwortverzeichnis

A

Abfall
  polyolefinreicher 219
Abfallstatistik 295
Altfahrzeuge 285, 293, 295, 299
  Defizite
    der aktuellen Verwertungspraxis 312
  Demontage 297
  Demontagepflicht
    für Fahrzeugelektronik 320
  Hochwertigkeit der Verwertung 305
  Recyclingroute 342
  Verbleib 286
  Verwertung
    ökologische Bewertung der Defizite 318
  Verwertungsquoten 2015 305
    Entwicklung in Deutschland 306
Altflugzeuge 362
Altkunststoff
  Recycling 200
  Verwertungswege 201
Altmetall-Erkennung
  bei der Restabfallsammlung 543
Altpapier
  Verringerung des Fremdstoffanteils 541
Altpapierverwerter
  Anforderungen an die Input-Qualität 541
Altschrottbereitstellung
  Prognose 133
Aluminium 314
Aluminiumknetlegierungen
  Separationspflicht 322
Aluminium und Kupfer
  Schwachstellen in der Verwertung 314
Anreize
  materielle 511
  soziale 511
Antimon 316
Asien 170
Aufbereitungsprozesse
  mechanische 407
Aufschluss
  elektrohydraulischer 229
  selektiver 230
Aufschlusszerkleinerung
  metallintensiver Leichtbaustrukturen 327
Außenhandelsstatistik 289
Außerbetriebsetzung 287, 293, 299
Autoshredderroute 349

B

Barriere-Wirbelstromscheider 473
Benchmarking
  methodische Grundlagen 54
  von Ressourceneffizienz 56
Bergbau- und Hüttenhalden 4
Beton
  Recycling 523, 525
Bioabfall
  Steigerung der Trenndisziplin 534
Biotonne 18
BlackEye-Sensorik 176
BlackScan 176
BMBF
  Forschungsförderung 27
Brandausbreitung 488
Brandbekämpfungsanlage 495
Brandmeldeanlagen 502
Brandschutz 485
  anlagentechnischer 493
  baulicher 492
  organisatorischer 492
Brandschutzkonzept 489
Brandursachen 487
B-Säule
  hybride 328

C

Campbell-Paradigma 507
CFK 268
  mechanischen Zerkleinerung 235
Schadschöpfung 55
Chemikalienrecht
  versus Abfallrecht 519
China 170
China Certification & Inspection Group 170
Closed-Loop-Recycling 106
Corex-Verfahren 104

D

Demontage 294, 302
  Altfahrzeuge 295, 319
Demontagebetriebe
  anerkannte 295
  nicht-anerkannte 295
Detektion (automatische)
  von Fremdstoffen in Bioabfall 533

Digitalisierung 134
Distance-to-target-Prinzip 61
Drehrohrtrommelofen 387
Druckluftschaumanlagen 498
Durchschlagsfestigkeit 525
Duroplast
kohlenstofffaserverstärkter 229
Dysprosium 72

E

Edelmetalle 315
Effekt
elektrohydraulischer 229
Eisen- und Stahlindustrie
optimales Stoffstrommanagement 103
Ressourceneffizienz 103
Schwachstellen in der Verwertung 314
Elektro(nik)altgeräte 91
Aufbereitung 184
hochwertiges Recycling 528
Zusammensetzung 384
Elektro(nik)altgerätefraktion
Laugungsverhalten von Kupfer 391
Elektroantriebsmotoren 71
Elektrofahrzeug 327
Elektrofahrzeugrecycling 2020 339
Elektrokleingeräterecycling
Förderung 508
psychologische Determinanten 507
Elektrolichtbogenofen 104
Elektromobilität 328, 340
Elektronikrecycling 343
Elektro(nik)schrott 403
Aufbereitung 385
thermische Behandlung 383
Verwertung 367
Elektrorecyclingroute 349
mit chemischer Plattenentstückung 349
Elektrostahlroute 104
Elektrostahlverfahren 132
Energierücklaufzeit 276
Entschichten von
galvanisch verchromtem ABS-PC 429
Entstückung
von Leiterplatten 431
Epoxidharz
kohlenstofffaserverstärktes 230
Erfassungssysteme 17
Ersatzteilverkauf 297
Experteninterviews 117, 126
Export
Kunststoffabfälle 170

F

Fahrzeuge 285
außer Betrieb gesetzte 286
Klärung des Verbleibs 285
Fahrzeugelektronik
weitgehende Demontage 320
Fahrzeughandel
über Internetportale
und Restwertbörsen 302
Fahrzeugströme 303
Farbsensoren 178
Feststoffvolumenstrommessung
mittels 3D-Lasertriangulation 410
FibreCube 230
Finex-Verfahren 104
Flugzeuge
Lebenszyklus 357
Werkstoffeinsatz 360
Flugzeugmarkt
Entwicklungen bis 2035 359
Forschungsförderung
des BMBF 27
Fragmentierung
elektrodynamische 527

G

G7-Allianz für Ressourceneffizienz 38
Gallium 316
Gasphasenreaktionen
chemische 432
Gebrauchtfahrzeug/Altfahrzeug
Abgrenzung 301
Gebrauchtfahrzeugexporte 293
in EU-Mitgliedstaaten 289
in Nicht-EU-Staaten 289
German Ressource Research Institute
(GERRI) 46
Glas
aus Altfahrzeugen 316
Glas und Kunststoff
Schwachstellen in der Verwertung 316
Gleichmäßigkeitsfaktor 416
Green-Economy 71

H

Handel mit Kunststoffabfällen
Risiken 171
Handy-Leiterplatten
hydrometallurgische Verarbeitung 392

Handyrecycling 507
Hartschrotte 156
Haushaltskleingeräte
  Recycling 386
Hochspannungsimpulsgenerator 525
Horizontal Drum Eddy Current Separator
  (HDECS) 473
Hot Spots 495
Hybrid B-Säule
  in Mischbauweise 328
Hyperspectral-Imaging-Technologie 175

I

Indium 372
Induktions-Sortiersysteme 185
Informationsflüsse 298
Informationskampagnen 511
Informationstechnologien 7
Inside Air Foam (Heißschaum) 501
Internethandel 296
Internetplattform 302
Intrahandelsstatistik 289

K

Kayser-Recycling-System 387
Kfz-Ersatzteile
  Verkauf von gebrauchten 297
Kfz-Zulassungskonzept
  in den Niederlanden 300
  in Deutschland 299
Kies und Zement
  Rückgewinnung aus Beton 524
Knappheit
  ökologische 61
Kohlenstofffasern
  Recycling 229
Kombinations-Sortiersysteme 185
Konditionierung
  thermische 369
Kreisläufe 27
Kreisschwingsieb 457
Kritikalität von Rohstoffen
  für Umwelttechnologien 65
Kritikalitätsanalyse 72
Kunststoffe 21, 261
  aus dem Altfahrzeug 317
  kohlenstofffaserverstärkte (CFK) 235, 327
  Produktion 199
  schwarze 175
  Sortierung
    Sensortechnik 182
Kunststoffabfall 168
  Chancen und Risiken beim Handel 167
  Export 170
Kupfer 315
  Laugung 391

L

Laserspektroskopie 193
Lebenszyklen 263
Leichtbaustrukturen
  kunststoffintensive 327
  metallintensive 327
  ressourceneffiziente 328
Leichtbauwerkstoffe 327
Leichtmetalle 327
Leistungselektronik 339
  Demontage 345
  Recycling 345
Leiterplatten
  Entstückung 431
Linearsiebmaschine 466
Living Lab Prozess 266
Löschmonitor 499
Luftfahrtindustrie
  als anthropogenes Rohstofflager 357
Luftfahrtkomponenten
  Unbrauchbarmachung 362
LVP-Tonne 17

M

Materialparameter
  siebvorgangsbeeinflussende 440
Metalle 22
Mitverbrennung 225
Motivation 507
  zum ökologisch-nachhaltigen Handeln 511

N

Nachhaltigkeit 5
  durch Wiederverwendung 85
NE-Partikel
  Abtrennung von feinen 473
NIR-Sensoren 179

O

Ökobilanz (Life Cycle Assessment) 55, 264
Ökoeffizienzmethode 263
Ökoeffizienz-Portfolio 264, 278
Ökofaktoren 62
ökologischer Fußabdruck 262
Open-Loop-Recycling 106
Organoblech 329
Oxygenstahlroute 104, 132

P

Partikel
  zweidimensionale 443
PET-Flakes 210
Photovoltaik 267
Pkw
  vollelektrische 80
Plasmakanal 525
Platinenentstückung
  chemische 347
Platingruppenmetalle 316
Polraddrehzahl 480
Polyamid 6
  glasfaserverstärktes (GFK) 329
Polyolefine 204, 220
  chemisches Recycling 206
  Potential in Österreich 223
Polyolefin-Konzentrate
  Anreicherung aus
    industriellen Reststoffströmen 199
POP-Stoffe
  gemäß EU-VO 850/2004 520
Product Environmental Footprint 265
Product Mining-Konzept 517
Produktionsabfall
  Kreislauf 169
Produktionsrücklauf 106
Prompten-Gamma-Neutronenaktivierungs-
    analyse 521
Prozessrücklauf 106
Pyrolyseverfahren 387
Pyrometallurgie 374

R

Radiofrequenz-Identifikation (RFID) 440
Recyclate 3
Recycling
  direktes 158
  indirektes 159
  semidirektes 161
Recycling 2.0 507
Recycling 4.0 4, 7
Recyclingfasern 229
Recyclinghöfe 20, 87
Recyclingquoten 14
Refraktärmetalle 137
REGINA-Wiederanmeldungsstatistik 289
Ressourceneffizienz 5, 27, 73
  als Teil des Umweltmanagements 60
  im Rahmen der G20 37
  in der G7 41
  in der Produktion 57
Ressourcenschonung 66
Ressourcenverbrauch
  globaler 39
Restabfallsammlung und -überprüfung 546
Restkarossen
  Absatzkanäle 296
Restwertbörsen 302
Roheisenerzeugung 107
Rohölpreis 170
Rohstahl
  Entwicklung der Herstellungsrouten 132
Rohstoffbasis
  Sicherung 33
  Verbreiterung 33
Rohstoffbewusstsein 3
Rohstoffe
  Abbau 39
  kritische 66
  wirtschaftsstrategische 27
Rohstoffforschung 30
  Aufbau eines virtuellen Instituts 46
Rohstoffpolitik 3
Rohstoffproduktivität 30
Rohstoffwende 3
Röntgenfluoreszenz 181
Röntgentransmission 181

S

Schaumlöschanlagen 498
Schmelzmetallurgie 157
Schockwellenbehandlung 231
Schredderanlagen 296
  Eingang von Restkarossen 298

Schredderschrott 314
Schrottbranche 130
Schrotte
  wolframhaltige 155
Schrotthändler 296
Schrottsortierung 120
Schwelbrand 488
Schwertrüberückgewinnung 466
Sekundärrohstoff 118
  Potenziale 4, 11
Selbstentzündung 487
Seltenerdmetalle 316, 518
Sensoren
  induktive 177
Sensortechnik 176
Siebbeläge 460
Siebergebnis
  Einflussgrößen 409
Siebklassierung 407, 439
Siebmaschinen 455
Siebtheorie 441
Siebwirkungsgrad 439
Skum Hot Foam System 502
Solarmodule 261, 274
Solvolyse 272
Sortierung
  Kunststoff 193
  luftunterstützte 462
Spannwellensieb 469
Sperrmüllabfuhr
  in Hamburg 86
  schonende 86
Spezialsiebmaschinen 455
Sprinkleranlagen
  mit Schaumzumischung 496
Sprühflutanlagen
  mit Schaumzumischung 495
Stähle 314
  Einteilung 123
Stahllegierungen
  hochfeste 126
Stahlrecycling 118
Stahlschrott 117
statistische Lücke 286, 293
Stäube
  Gefährdung der Gesundheit 237
  kohlenstofffaserhaltige 242
Stilbruch-Konzept
  in Hamburg 85
Strukturleichtbau
  in Elektrofahrzeugen 327
Substitution von Rohstoffen 5
  für Umwelttechnologien 65
Substitutionsformen 66
Superlegierungen 157
Syncon-Produktion 146

T

Tantal 316
  Recycling 137
Technologiemetalle 518
Telematik-Plattform 547
  Definition 548
Thermoplaste
  endlosfaserverstärkte 329
Thermoplast-Pressmasse
  langfaserverstärkte 329
Trennerfolg 422
Trennprozess 439
Trennschärfe 422
Trommelsieb 439, 444
Trommelsiebprozess
  Einflussparameter 443

U

Umweltmanagement
  Indikatorsystem 60
Umwelttechnologien 65
Umweltverhalten 507
Unfallfahrzeug 302

V

Verbringung 289, 301
  von Altfahrzeugen 294
Verbundaufschluss 331
Verbunde
  hybride 329
Verbundwerkstoff 230
Verhaltenskosten 508
Verpackungsabfall
  Sortierung 182
Versorgungsrisiko 73
Verweilzeitverhalten
  in einem Trommelsiebprozess 440
Verwertung 294
  hochwertige 515
  rohstoffliche 219
Verwertungsnachweis 295
  für Kfz 299

W

Weichschrotte 156
Werkstoffe
  Optimierung
    des ökologischen Fußabdrucks 261
Werkstoffverbunde
  Zerkleinerungsverhalten 330
Wertschöpfung 55
Wertstoffe
  in Fahrzeugkomponenten
    Verbleib in den
      Schredderfraktionen 309
  ökologische Relevanz 311
Wertstoffgewinnung
  aus primären und sekundären
    Rohstoffquellen 427
Wertstoffhof 20
Wertstofftonne 17
  Potenziale 23
Wiederverwendung 86
Wirbelstrom-Detektor 535
Wirbelstrom-Induktionsverfahren 535
Wirbelstromscheider 473
Wissensvermittlung 511
Wolfram
  Gewinnung durch Hydrometallurgie 160
Wolframverbrauch
  unterschiedlicher Anwendungsgebiete 156

Z

Zentrales Fahrzeugregister (ZFZR) 288
Zentrifugalkraftscheider 207
Zerkleinerung
  elektrohydraulische 229, 427
  Kenngrößen 239
Zerkleinerungsarbeit
  spezifische 330, 333
Zerkleinerungsverhalten
  von Werkstoffverbunden 330
Zerspanungsprozesse 56
Zinn
  Recycling 148
Zollstatistik 290
Zusammensetzung von Abfällen
  Analysenverfahren zur zerstörungsfreien
    Bestimmung 520