

# Inhaltsverzeichnis

## Grundlagen, Automobil und Recycling

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Ökologische, ökonomische und technische Grenzen der stofflichen Verwertung von Produktions- und Verwertungsrückständen</b> | <b>1</b>  |
|          | R. Steinhilper, A. Friedel  |           |
| <b>2</b> | <b>Stand und Perspektiven des Automobilrecycling</b>  | <b>25</b> |
|          | J. Schmidt  |           |
| 2.1      | Einleitung und Überblick  | 25        |
| 2.2      | Abfallmengen bei Produktion und Recycling   | 25        |
| 2.3      | Status Quo bei der Altautoverwertung und -entsorgung  | 29        |
| 2.4      | Automobilrecycling der Zukunft  | 35        |
| 2.5      | Literatur   | 39        |
| <b>3</b> | <b>Möglichkeiten der thermischen Behandlung von Produktions- und Verwertungsrückständen</b>                                   | <b>41</b> |
|          | R. Leithner   |           |
| 3.1      | Menschliche Tätigkeit und Umwelt allgemein - Gesetze, Vorschriften, Ziele   | 41        |
| 3.2      | Grundlagen  | 43        |
| 3.2.1    | Definitionen und Zusammensetzung von Produktions- und Verwertungsrückständen  | 43        |
| 3.2.2    | Verfahren der thermischen Behandlung - Übersicht  | 46        |
| 3.2.2.1  | Allgemeines   | 46        |
| 3.2.2.2  | Verfahren   | 46        |
| 3.2.2.3  | Kurze Verfahrensbeschreibungen  | 47        |
| 3.2.3    | Anlagenübersicht  | 51        |
| 3.3      | Beschreibung ausgewählter Verfahren   | 52        |
| 3.3.1    | Schwel-Brenn-Anlage   | 52        |
| 3.3.2    | HTV-Verfahren   | 53        |
| 3.3.3    | Thermoselectverfahren   | 53        |
| 3.3.4    | Roste   | 55        |
| 3.3.5    | Drehrohr  | 60        |
| 3.3.6    | Wirbelschichtanlagen  | 61        |
| 3.4      | Bewertung   | 65        |
| 3.5      | Literatur   | 67        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>4</b> | <b>Maßnahmen zur Minderung von Emissionen bei thermischen Prozessen am Beispiel moderner Müllverbrennungsanlagen</b><br>B. Schumacher | <b>71</b> |
| 4.1      | Einleitung  | 71        |
| 4.2      | Allgemeiner verfahrenstechnischer Aufbau  | 72        |
| 4.3      | Rauchgaswäsche  | 79        |
| 4.4      | SCR-Anlage  | 79        |
| 4.5      | Aktivkoksfilter und Gewebefilter  | 84        |
| 4.6      | Schlußbetrachtung   | 89        |

## **Verwertung und Behandlung von Produktionsabfällen und Hilfsstoffen**

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| <b>5</b> | <b>Verwertung von Produktionsrückständen (Lackschlamm, Altöl) in einem konventionellen Kraftwerk</b><br>U. Nagel, W. Blümel   | <b>91</b>  |
| 5.1      | Einleitende Bemerkungen   | 91         |
| 5.2      | Verfahrens- und Anlagenbeschreibung   | 94         |
| 5.2.1    | Thermische Verwertung von Lack- und Farbschlämmen   | 95         |
| 5.2.1.1  | Entstehung des Lackschlammes  | 95         |
| 5.2.1.2  | Konditionierung der Lackschlämme  | 95         |
| 5.2.1.3  | Massen- und Energiebilanz   | 97         |
| 5.2.2    | Thermische Verwertung von Altölen   | 98         |
| 5.3      | Weiterführende Betrachtungen  | 100        |
| 5.4      | Literatur   | 100        |
| <b>6</b> | <b>Produktionsintegrierter Umweltschutz am Beispiel der Aufbereitung von Gießereisanden und von Metallspänen sowie der Auftrennung von Bohremulsionen</b><br>J. Demmich | <b>101</b> |
| 6.1      | Einleitung  | 101        |
| 6.2      | Gießereialtsande  | 101        |
| 6.2.1    | Art und Menge   | 102        |
| 6.2.2    | Eigenschaften   | 103        |
| 6.2.3    | Aufbereitungsverfahren  | 103        |
| 6.2.4    | Externe Verwertung  | 105        |
| 6.3      | Entölung von Metallspänen   | 106        |
| 6.3.1    | Entölungsverfahren  | 107        |
| 6.3.1.1  | Thermische Verfahren  | 107        |
| 6.3.1.2  | Waschverfahren  | 107        |
| 6.3.1.3  | Beispiel für ein abwasserfreies Waschverfahren  | 108        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 6.4      | Auftrennung von Öl-in-Wasser-Emulsionen   | 109        |
| 6.4.1    | Randbedingungen   | 110        |
| 6.4.2    | Verfahrensbeschreibung  | 110        |
| 6.4.3    | Kosten  | 111        |
| 6.5      | Schlußbemerkung   | 113        |
| <br>     |   |            |
| <b>7</b> | <b>Energetische Verwertung von Produktionsrückständen in einer Sonderabfallverbrennungsanlage</b><br>Th. Kolb | <b>115</b> |
| 7.1      | Einleitung  | 115        |
| 7.2      | Das System Drehrohr/Nachbrennkammer   | 116        |
| 7.3      | Aufgabesysteme  | 119        |
| 7.4      | Wärmenutzung  | 120        |
| 7.5      | Rauchgasreinigung, Emissionen   | 121        |
| 7.6      | Arbeits- und Anlagensicherheit  | 123        |
| 7.6.1    | Rückstände  | 123        |
| 7.6.2    | Betriebsparameter   | 124        |
| 7.7      | Entwicklungsaktivitäten   | 125        |
| 7.7.1    | Erhöhung des Feststoffdurchsatzes   | 125        |
| 7.7.2    | Verminderung des Luftüberschusses   | 126        |
| 7.7.3    | Prozeßautomatisierung   | 126        |
| 7.8      | Zusammenfassung   | 126        |

## **Verwertung und Behandlung von Materialien/Abfällen bei der Altautoverwertung**

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>8</b> | <b>Wiedereinsatz von entschlackten Blechen in der Fertigung</b><br>A. Schmitz, R. Kopp | <b>129</b> |
| 8.1      | Einleitung   | 129        |
| 8.2      | Das derzeit praktizierte Automobilrecycling und aktuelle Entwicklungen                 | 129        |
| 8.3      | Prozeßschritte für die Altblechwiederverwendung  | 131        |
| 8.4      | Energieeinsparpotential der Altblechwiederverwendung                                   | 133        |
| 8.5      | Ergebnisse aus Labor- und Betriebsversuchen  | 135        |
| 8.6      | Zukünftige Untersuchungen  | 138        |
| 8.7      | Zusammenfassung  | 139        |
| 8.8      | Literatur  | 139        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| <b>9</b>  | <b>Werkstoffliches Recycling von technischen Thermoplasten aus Kfz-Anwendungen</b> | <b>141</b> |
|           | A. Schmiemann, P. Tappe, P. Orth   |            |
| 9.1       | Einleitung   | 141        |
| 9.2       | Problembereich Altfahrzeugverwertung   | 141        |
| 9.3       | Recyclingpotential technischer Thermoplaste  | 142        |
| 9.4       | Erzeugung sortenreiner Stoffströme   | 143        |
| 9.5       | Beispiele  | 144        |
| 9.5.1     | Verschmutzte Altteile mit geringen Metallkontaminationen                           | 144        |
| 9.5.2     | Betriebsmittelkontaminierte Teile  | 145        |
| 9.5.3     | Beschichtete Bauteile  | 146        |
| 9.5.3.1   | Lackierte Stoßfänger   | 146        |
| 9.5.3.2   | Metallisierte Zierleisten  | 147        |
| 9.5.3.3   | Kaschierte Innenraumteile  | 147        |
| 9.5.4     | Kunststoff-Kunststoff-Verbunde   | 149        |
| 9.5.5     | Kunststoff-Metall-Verbunde   | 149        |
| 9.6       | Querkompatibilitätskonzepte  | 150        |
| 9.6.1     | Innenraumkonzept   | 151        |
| 9.6.2     | Scheinwerferkonzept  | 152        |
| 9.7       | Ausblick   | 152        |
| 9.8       | Literatur  | 153        |
| <br>      |  |            |
| <b>10</b> | <b>Stand des metallurgischen Recyclings für Altfahrzeuge</b>                       | <b>155</b> |
|           | H. Kohler  |            |
| 10.1      | Einleitung   | 155        |
| 10.2      | Altfahrzeugaufkommen   | 155        |
| 10.3      | Zusammensetzung der im Automobilbau verwendeten Werkstoffe                         | 156        |
| 10.4      | Materialrecycling bei der Altfahrzeugverwertung                                    | 156        |
| 10.4.1    | Shreddern von Altfahrzeugen  | 157        |
| 10.4.2    | Metallurgisches Recycling von Altfahrzeugen  | 157        |
| 10.5      | Technologie des metallurgischen Recyclings, dargestellt in einem Schmelzprozeß     | 158        |
| 10.6      | Prozessschritte des Autoverwertungs-Verfahrens                                     | 159        |
| 10.7      | Realisierungskonzepte  | 161        |
| 10.8      | Schlußfolgerungen und Ausblick   | 162        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| <b>11</b> | <b>Mechanische Vortrennung der Shredder-Leichtmüllfraktion als Vorstufe zur thermischen Verwertung</b><br>D. Goldmann                       | <b>165</b> |
| 11.1      | Status und Entwicklung im Automobilrecycling - eine Einführung in den Themenkomplex aus dem Blickwinkel eines Shredderbetreibers            | 165        |
| 11.2      | Zusammensetzung und Materialeigenschaften von Shredderleichtmüll  | 168        |
| 11.3      | Anforderungen an das Aufbereitungsverfahren   | 170        |
| 11.4      | Verfahrenskonzept für die Aufbereitung von Shredderleichtmüll   | 170        |
| 11.5      | Verwertungs- und Entsorgungsmöglichkeiten für die gewonnenen Fraktionen   | 173        |
| 11.6      | Einfluß einer vorgeschalteten Demontage der Altfahrzeuge auf die Shredderleichtmüll-Aufbereitung  | 174        |
| <b>12</b> | <b>Die thermische Behandlung von Autos shredder-Leichtfraktion im Siemens Schwel - Brenn - Verfahren</b><br>E. Redmann, R. Ahrens - Botzong | <b>175</b> |
| 12.1      | Die Aufgabe   | 175        |
| 12.2      | Die Autos shredder - Leichtfraktion   | 175        |
| 12.3      | Das Schwel - Brenn - Verfahren  | 176        |
| 12.4      | Arbeitsweise des Schwel - Brenn - Verfahrens beim Einsatz der Autos shredder - Leichtfraktion   | 177        |
| 12.5      | Betrieb und Erfahrungen beim Einsatz der Autos shredder - Leichtfraktion  | 181        |
| 12.6      | Untersuchungsergebnisse und Emissionsmessungen  | 182        |
| 12.7      | Nutzung der inerten Grobfraktion und des Schmelzgranulats   | 187        |
| 12.8      | Zusammenfassung   | 188        |
| 12.9      | Literatur   | 189        |
| <b>13</b> | <b>Reststoffverwertung in den Vergasungsanlagen der Lausitzer Braunkohle AG</b><br>W. Seifert, B. Buttger, J. Schneider                     | <b>191</b> |
| 13.1      | Problemstellung   | 191        |
| 13.2      | Vergasungstechnik in Schwarze Pumpe   | 191        |
| 13.2.1    | Festbettdruckvergasung  | 192        |
| 13.2.2    | Flugstromvergasung  | 192        |
| 13.3      | Ergebnisse der Betriebsfahrten mit der Kohle-Reststoffvergasung   | 193        |
| 13.4      | Umweltverträglichkeit   | 194        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 13.5      | Konzept für den Ausbau als Reststoffverwertungszentrum  | 196        |
| 13.6      | Zusammenfassung   | 199        |
| <b>14</b> | <b>Chemisches Recycling von Kunststoffen mit Hilfe der Solvolyse (Hydrolyse, Alkoholyse, Glycolyse)</b><br>G. Bauer | <b>201</b> |
| 14.1      | Einleitung  | 201        |
| 14.2      | Pyrolyse  | 202        |
| 14.3      | Hydrolyse   | 203        |
| 14.4      | Alkoholyse  | 205        |
| 14.4.1    | Alkoholyse von Polyestern   | 205        |
| 14.4.2    | Alkoholyse von Polyurethanen  | 206        |
| 14.4.3    | Alkoholyse von Schaumstoffen  | 207        |
| 14.4.4    | Alkoholyse von RRIM-Polyurethanen   | 208        |
| 14.5      | Rohstoffliches Recycling von Elastomeren  | 211        |
| 14.6      | Literatur   | 214        |
| <b>15</b> | <b>Hydrierung von Kunststoffen: Stand der Technik, Wirtschaftlichkeit</b><br>K. Dohms                               | <b>215</b> |
| 15.1      | Einleitung  | 215        |
| 15.2      | Untersuchungen im Technikumsmaßstab   | 217        |
| 15.3      | Entwicklungen in der Kohleöl-Anlage Bottrop   | 219        |
| 15.4      | Anlagen-/Verfahrensbeschreibung   | 221        |
| 15.5      | Ergebnisse  | 223        |
| 15.6      | Literatur   | 227        |
| <b>16</b> | <b>Thermische Verwertung von Altreifen - derzeitiger Stand und zukünftige Entwicklung</b><br>S. Schleuter           | <b>229</b> |
| 16.1      | Einleitung  | 229        |
| 16.2      | Thermische Verwertung von Altreifen   | 231        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| <b>17</b> | <b>Verwertung von Starterbatterien mit Hilfe der Hochtemperatur-Sauerstoffverbrennung</b><br>F. Meurer | <b>241</b> |
| 17.1      | Einleitung und Überblick   | 241        |
| 17.2      | Verfahrensbeschreibung   | 243        |
| 17.3      | Schlußbemerkung  | 246        |
| 17.4      | Literatur  | 247        |
|           | <b>Autorenverzeichnis</b>  | <b>249</b> |