Die Deutsche Bibliothek – CIP-Ein-Einheitsaufnahme

Materialrecycling durch Abfallaufbereitung /
Karl J. Thome-Kozmiensky. - Berlin :
EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik, 1992
(Grundkursus)
ISBN 3-924511-53-5
NE: Thomé-Kozmiensky, Karl J. [Hrsg.]

ISBN 3-924511-53-5

Copyright: Professor Dr.-Ing. Karl Joachim Thomé-Kozmiensky
Alle Rechte vorbehalten
Verlag: EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH
Im Schwarzen Grund 20, 1000 Berlin 33
Tel.: 0 30 / 8 31 29 90, Fax: 0 30 / 8 31 56 58
Berlin 1992
Redaktion: Hella F. Bielefeld, Satz + Zeichnungen: Birgit Kehl
Anzeigenverwaltung: Cornelia Avenarius
Druck: E. Mühlthaler´s Buch- und Kunstdruckerei GmbH, München
Buchbinderische Verarbeitung: Conzella - Urban Meister, München

Rechte, insbesondere die der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Titel dieses Buches darf ohne die Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form - durch Fotokopie, Mikrofilm oder irgendeines anderen Verfahren - reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden.

Warenzeichen: Wenn Namen, die in der Bundesrepublik Deutschland als Warenzeichen eingetragen sind, in diesem Buch ohne besondere Kennzeichnung wiedergegeben werden, so berechtigt die fehlende Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß der Name nicht geschützt ist und von jedermann verwendet werden darf.

EF

EF-Verlag für Energie und Umwelttechnik GmbH

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung

Stellung der Aufbereitung in integrierten Abfallwirtschaftssystemen 7
Karl J. Thomé-Kozmiensky

2 Grundoperationen

Zerkleinern unter dem Aspekt der Abfallbehandlung 265
Siegfried Bernotat

Klassierprozesse in der Abfallaufbereitung 281
Dieter Uhlig

Dichtesortierung 311
Gert Schubert

Flotation 341
Peter Koch

Agglomeration feinkörniger Stoffe 363
Eberhard Gock, Christoph Günther

Naßchemische Verfahren in der Abfallaufbereitung 385
Eberhard Gock, Jörg Kähler

3 Anwendungsbeispiele

Aufbereitung von häuslichen und gewerblichen Abfällen 413
Eckhard Willing

Aufbereitung von Kunststoffabfällen 431
Volker Vogt

Aufbereitung von Rückständen aus der Abfallverbrennung 465
Martin Faulstich

Aufbereitung von Baurestmassen – Bodenaushub, Bauschutt, Baustellenabfälle 485
Bernd Bilitewski

Aufbereitung von Autowracks 503
Rüdiger Oetjen-Dehne, Georg Ries

Demontagetechnik von Altautos 529
Bernd Bilitewski

Aufbereitung von Schlämmen 551
Ullrich Loll

4 Antrags- und Genehmigungsverfahren

Genehmigungsverfahren für Recyclinganlagen – Abgrenzung der Begriffe, Planfeststellungsverfahren, immissionsschutzrechtliches Verfahren, vereinfachtes Verfahren 585
Dr. Bernd van der Felden

1 Einführung

Stellung der Aufbereitung in integrierten Abfallwirtschaftssystemen

Karl J. Thomé-Kozmiensky

Inhaltsverzeichnis

1. Abfallaufbereitung 17
1.1. Grundoperationen 19
1.1.1. Kennzeichnung des aufzubereitenden Haufwerkes 20
1.1.2. Kennzeichnung des Aufbereitungs- und Trennerfolgs 22
1.1.3. Oberflächenvergrößerung oder Zerkleinerung 24
1.1.3.1. Hammermühlen 25
1.1.3.2. Prallmühlen 25
1.1.3.3. Prall-Hammermühle 27
1.1.3.4. Schneidmühlen und Rotorscheren 28
1.1.3.5. Kugel- und Kaskadenmühlen 28
1.1.4. Oberflächenverkleinerung oder Agglomeration 29
1.1.4.1. Ballenpresse 29
1.1.4.2. Brikettierpresse 29
1.1.4.3. Aufbauagglomeration 29
1.1.5. Klassierung 29
1.1.5.1. Siebklassierung 30
1.1.5.2. Stromklassierung 31
1.1.5.2.1. Windsichten 31
1.1.5.2.2. Hydroklassierung 32
1.1.6. Sortierung 33
1.1.6.1. Klauben 33
1.1.6.2. Dichtesortierung 35
1.1.6.3. Magnetscheidung 35
1.1.6.4. Elektrosortierung 37
1.1.6.5. Wirbelstromscheidung 37
1.1.6.6. Flotation 38
1.1.6.7. Sortierung nach elastischem Verhalten 38
1.2. Prinzipieller Aufbau von Haus- und Gewerbemüllaufbereitungsanlagen 38
2. Aufbereitungsverfahren für Haus- und Gewerbemüll 41
2.1. Babcock - Verfahren 43

2.1.1. Lizenzgeber 43
2.1.2. Ausgeführte Anlagen 43
2.1.2.1. Abfallsortier- und Naßmüllkompostierungsanlage Bad Tölz (Pilotprojekt) 43
2.1.3. Das Tölzer Konzept 43
2.1.4. Kompostierungsanlage 44
2.1.4.1. Müllflachbunker und Klärschlammvorratsbehälter 45
2.1.4.2. Verfahrenshalle für Rottetrommel und Kompostaufbereitung 45
2.1.4.3. Kombinierte Kompostfilter- und Nachrottefläche 47
2.1.5. Sortieranlage 47
2.1.5.1. Verfahrensbeschreibung 48
2.1.5.2. Materialbilanz der Sortieranlage 50
2.1.6. Wirtschaftlichkeit der Sortieranlage 51
2.2. Bühler - Verfahren 52
2.2.1. Lizenzgeber 52
2.2.2. Ausgeführte Anlagen 52
2.2.2.1. Kompostier- und Pelletieranlage Mons, Belgien 52
2.2.2.2. Anlage Eden Prairie, Minnesota, USA 52
2.2.3. Allgemeine Verfahrensbeschreibung 52
2.2.4. Kompostier- und Pelletieranlage Mons, Belgien 53
2.2.4.1. Anlagenbeschreibung 53
2.2.4.2. Materialbilanz 55
2.2.5. Anlagen Eden Prairie 55
2.2.5.1. Verfahrensbeschreibung 55
2.2.5.2. Leistungen der Anlage 56
2.3. ESDEX - Verfahren 56
2.3.1. Lizenzgeber 56
2.3.2. Ausgeführte Anlagen 56
2.3.2.1. Hausmülltrennanlage Zoetermeer, NL 56
2.3.3. Verfahren 56
2.3.3.1. Entstehung 56
2.3.3.2. Verfahrensbeschreibung 57
2.3.4. Materialbilanz 58
2.3.5. Wirtschaftlichkeit 59
2.4. Fläkt - Verfahren 59
2.4.1. Lizenzgeber 59

2.4.2. Ausgeführte Anlagen 59
2.4.2.1. Festmülltrennanlagen Wijster, Niederlande 59
2.4.2.2. Vorsortieranlage Göteborg, Schweden 59
2.4.2.3. Festmülltrennanlage Groningen 60
2.4.3. Allgemeine Verfahrensbeschreibung 60
2.4.4. Festmülltrennanlage Wijster 61
2.4.4.1. Zusammensetzung des verwendeten Abfalls 61
2.4.4.2. Angaben zur Wirtschaftlichkeit 62
2.4.5. Vorsortierungsanlage Göteborg 62
2.4.6. Festmülltrennungsanlage Groningen 63
2.5. Hazemag - Verfahren 64
2.5.1. Lizenzgeber 64
2.5.2. Ausgeführte Anlagen 64
2.5.2.1. Müllverwertungsanlage Nijmegen 64
2.5.2.2. Hausmüllsortieranlage Amsterdam 65
2.5.2.3. Bio- und Grünabfallkompostierungsanlage Bad Kreuznach 65
2.5.3. Müllverwertungsanlage Nijmegen 65
2.5.3.1. Allgemeines Konzept 65
2.5.3.2. Verfahrensbeschreibung 65
2.5.3.3. Materialbilanz 67
2.5.8.4. Energiebilanz 68
2.5.3.5. Wirtschaftlichkeit 68
2.5.4. Hausmüllsortieranlage Amsterdam 69
2.5.4.1. Allgemeines Konzept 69
2.5.4.2. Verfahrensbeschreibung 69
2.5.4.3. Materialbilanz 71
2.5.5. Bio- und Grünabfallkompostierungsanlage Bad Kreuznach 71
2.5.5.1. Verfahrensbeschreibung 71
2.6. Lindemann - Verfahren 74
2.6.1. Lizenzgeber 74
2.6.2. Ausgeführte Anlagen 74
2.6.2.1. RDF-Anlage in Limay, Frankreich 74
2.6.2.2. Abfallsortieranlage Bad Tölz 74
2.6.2.3. Aufbereitung von Gewerbe- und Baustellenmischabfällen in Berlin-Reinickendorf 74
2.6.3. Konzept des Lindemann Verfahrens 77

2.6.3.1. Verfahrensbeschreibung 78
2.6.3.2. Materialbilanz 79
2.7. ORFA - Verfahren 80
2.7.1. Lizenzgeber 80
2.7.2. Ausgeführte Anlagen 80
2.7.2.1. Pilotanlage Leibstadt 80
2.7.3. Allgemeines zur ORFA-Technik 80
2.7.4. Verfahrensbeschreibung der Pilotanlage Leibstadt 81
2.7.4.1. Mechanische Vorbehandlung 83
2.7.4.2. Thermische Zwischenbehandlung 84
2.7.4.3. Mechanische Nachbehandlung 86
2.7.5. Auswirkungen einer ORFA-Anlage auf die Umwelt 88
2.7.5.1. Lärmemissionen 88
2.7.5.2. Staubemissionen 88
2.7.5.3. Geruchsemissionen 88
2.7.5.4. Abwasser 88
2.7.5.5. Feste Rückstände 88
2.7.6. Materialbilanz 90
2.7.6.1. Faserstoffe 91
2.7.6.2. Granulat 91
2.7.7. Energiebilanz 91
2.7.8. Wirtschaftlichkeit 92
2.8. Rethmann - Verfahren 92
2.8.1. Lizenzgeber 92
2.8.2. Ausgeführte Anlagen 92
2.8.2.1. Kompostierungsanlage Singen 92
2.8.3. Verfahrensbeschreibung 92
2.8.3.1. Konzept 92
2.8.3.2. Verfahrensbeschreibung 95
2.8.4. Materialbilanz 95
2.9. SOTEC - Verfahren 95
2.9.1. Lizenzgeber 95
2.9.2. Ausgeführte Anlagen 95
2.9.2.1. Wertstoff- und Humuswerk Dußlingen 95
2.9.3. Konzept des Wertstoff- und Humuswerks 96
2.9.4. Verfahrensbeschreibung 96
2.9.4.1. Sortieranlage 97

2.9.4.2. Brennstoffpelletierung 97
2.9.4.3. Heizkraftwerk 97
2.9.4.4. Kompostierung 97
2.9.5. Materialbilanz 99
2.9.5.1. Input 99
2.9.5.2. Output 99
2.10. Trienekens - Verfahren 100
2.10.1. Lizenzgeber 100
2.10.2. Ausgeführte Anlagen 100
2.10.2.1. RRA Neuss 100
2.10.2.2. RRA Haus Forst 100
2.10.3. Allgemeine Verfahrensbeschreibung 100
2.10.4. Anlage Neuss 102
2.10.5. Anlage Haus Forst 102
2.10.5.1. Entsorgungssituation in der Gebietskörperschaft 104
2.10.5.2. Entstehungsgeschichte 105
2.10.5.3. Verarbeitete Abfallarten und erzeugte Produkte 105
2.10.5.4. Unterteilung in Subsysteme 106
2.10.5.5. Aufbereitung von Hausmüll 106
2.10.6. Sortierung von Papier aus der getrennten Sammlung 112
2.10.7. Aufbereitung von hausmüllähnlichen Gewerbemüll 113
2.10.8. Altstoffquantitäten 115
2.10.9. Produkte aus dem Hausmüllstrom 115
2.10.10. Papier aus Depotcontainern 115
2.10.11. Aufbereitungsfähiger hausmüllähnlicher Gewerbemüll 116
2.10.12. Produkte aus dem Hausmüll 116
2.10.13. Angaben zur Umweltbelastung 121
2.10.14. Angaben zur Wirtschaftlichkeit 122
2.10.15 Übertragbarkeit des Verfahrens 123
2.11. Lindemann - BRIKOZIT - Verfahren 124
2.11.1. Lizenzgeber 124
2.11.2. Ausgeführte Anlagen 124
2.11.3. Verfahren 124
2.11.3.1. Konzept 124
2.11.3.2. Verfahrensbeschreibung 125
2.11.4. Umweltbeeinträchtigungen 126

2.11.5. Materialbilanz 129
2.11.6. Energiebilanz 129
2.11.7. Untersuchung der Kosten 129
2.12. MVU - Verfahren 130
2.12.1. Lizenzgeber 130
2.12.2. Ausgeführte Anlagen 131
2.12.2.1. Rohstoffrückgewinnungs- Zentrum Ruhr (RZR) 131
2.12.2.2. Zementwerk Wittekind 131
2.12.3. Verfahren des RZR Herten 131
2.12.3.1. Konzept 131
2.12.3.2. Verfahrensbeschreibung der Abfallsortier- und -aufbereitungsanlage 132
2.12.4. Materialbilanz 134
2.12.4.1. Input 134
2.12.4.2. Output 134
2.12.5. Wirtschaftlichkeit 134
2.12.6. Portlandzementwerk Wittekind 134
2.12.6.1. Konzept 134
2.12.6.2. Verfahrensbeschreibung der Anlage zur Brennstoff-gewinnung aus Müll 136
2.12.7. Materialbilanz 137
2.12.8. Emissionen 137
2.13. Gewerbemüllsortierung der Firma Rosedahl Entsorgung 138
2.13.1. Lizenzgeber 138
2.13.2 Ausgeführte Anlagen 138
2.13.3. Hersteller 138
2.13.4. Verfahrensbeschreibung 138
3. Aufbereitungsverfahren für Komponenten aus Haus- und Gewerbemüll 140
3.1. Glas 140
3.1.1. Verfahren zur Glasaufbereitung 140
3.1.2. HAZEMAG - Verfahren 144
3.1.2.1. Hersteller 144
3.1.2.2. Verfahrensbeschreibung 144
3.1.2.3. Wirtschaftlichkeit 145
3.2. Kunststoffe 145
3.2.1. System AKW 146

3.2.1.1. Lizenzgeber 146
3.2.1.2. Kunststoffaufbereitungsanlage Blumenrod, Landkreis Coburg 146
3.2.1.3. Verfahrensbeschreibung 146
3.2.1.4. Möglichkeiten der Weiterverarbeitung der Schwerfraktion 148
3.2.1.5. Materialbilanz 149
3.2.1.6. Auswirkungen auf die Umwelt 150
3.2.1.7. Wirtschaftlichkeit 150
3.2.2. Andritz - Verfahren 151
3.2.2.1. Verfahrensbeschreibung 151
3.2.3. EREMA-RM - System 153
3.2.3.1. Verfahrensbeschreibung 153
3.2.4. Herbold - Verfahren 154
3.2.4.1. Verfahren 154
3.2.5. Re-Tech - Verfahren 156
3.2.6. Thyssen Henschel - Verfahren 157
3.2.6.1. Verfahrensbeschreibung 157
3.3. Papier und Pappe 159
3.3.1. Allgemeine Verfahrensbeschreibung 164
3.3.2. Wirtschaftlichkeit 166
3.4. Schrott 167
4. Aufbereitungsverfahren für quecksilberhaltige Abfälle 168
4.1. Aufbereitung von Leuchtstoffröhren 169
4.1.1. MRT - Verfahren 173
4.1.2. System Osram 175
4.1.3. Prof. Kühl - Verfahren 175
4.1.4. Verfahren Recytec 178
4.1.5. Verfahren zur Aufbereitung verbrauchter Leuchtstoff-lampen der Physik und Datentechnik GmbH 180
4.1.6. System Herborn 181
4.1.7. SAT - Verfahren 182
4.1.8. System Kusters 183
4.2. Aufbereitung von Baterien 184
4.2.1. Verfahren des Clean Japan Center 188
4.2.2. Behandlung von verbrauchten Baterien in den Niederlanden 191

4.2.3. MRT - Verfahren für Batterien 192
4.2.4. VOEST -ALPINE 194
4.2.5. Contibat - Verfahren zur Verarbeitung alter Autobatterien 196
4.2.6. Recytec 200
4.2.7. Sumitomo Verfahren für gebrauchte Trockenbatterien 203
4.2.8. Verfahren von ORFA, AFIF, EIC 204
4.2.9. Verfahren zur Aufbereitung von Bleibatterien bei der Harz-Metall GmbH 207
4.2.10. Aufbereitung von Bleibatterien nach dem Schachtofenverfahren von VARTA 210
4.2.11. Recycling von Ni/Cd-Akkumulatoren, Verfahren von SAB NIFE 212
4.2.12. Recycling von Ni/Cd-Akkumulatoren bei SNAM/SAVAN, Viviez 214
4.2.13. Recycling von Ni/Cd-Akkumulatoren in Japan 214
4.3. Aufbereitung von Abfällen aus Zahnarztpraxen 214
5. Aufbereitungsverfahren für fluorchlorkohlenwasserstoffhaltige Abfälle 219
5.1. Aufbereitung von Kühlgeräten 219
5.1.1. Aufbereitung von Adsorber-Kühlgeräten 223
5.1.1.1. System Ate 223
5.1.1.2. System Combi 224
5.1.1.3. System Lindemann 224
5.1.1.4. System Kühlteg 227
5.1.1.5. Verfahren nach Gerling Holz & Co. 229
5.1.1.6. System Bretsch 229
5.1.1.7. Absaugstationen der Gustav Fischer GmbH 229
5.1.1.8. Verfahren der Münster GmbH (Edelhoff) 229
5.1.1.9. Firma Hepa 230
5.1.1.10. Thyssen Engineering 230
5.1.1.11. System AKG 230
5.1.1.12. System Bresch 230
5.1.2. Aufbereitung von Absorber-Kühlaggregaten 232
5.2. Aufbereitung von Spraydosen 233
5.2.1. Spraydosen-Shredder System AMA 234
5.2.2. System Seiba 236
5.3. Aufbereitung von FCKW-haltigen Rückständen 237

5.3.1. Verwertungsmodell Hoechst für FCKW-haltige Kältemittel 237
5.3.2. Thyssen Sonnenberg GmbH, Duisburg 237
5.3.3. PUR-Hartschaumentgasung 239
6. Aufbereitungsverfahren für Abfälle aus der Bauindustrie 240
6.1. Qualitäten der Abfälle 241
6.2. Quantitäten der Abfälle 242
6.3. Stand der Behandlung 242
6.4. Einsatzmöglichkeiten für Sekundärbaustoffe 243
6.5. Konzepte zur Aufbereitung von Bauabfällen 244
6.6. Technisch-wirtschaftliche Beschreibungeiniger 246 Anlagen 245
6.6.1. Brown Lenox Kueken - Vorbrecheranlage 245
6.6.1.1. Konzept 245
6.6.1.2. Verfahrensbeschreibung 245
6.6.1.3. Technische Daten 245
6.6.1.4. Wirtschaftlichkeit 245
6.6.2. Dedrichs - Sortieranlage 247
6.6.2.1. Lizenzgeber 247
6.6.2.2. Konzept 247
6.6.2.3. Verfahrensbeschreibung 247
6.6.2.4. Materialbilanz 248
6.6.2.5. Wirtschaftlichkeit 248
6.6.3. Bauschuttaufbereitungsanlage System Hazemag 250
6.6.3.1. Lizenzgeber 250
6.6.3.2. Konzept 250
6.6.3.3. Verfahrensbeschreibung 250
6.6.4. Bauschuttrecyclinganlage Kleemann & Reiner 252
6.6.4.1. Lizenzgeber 252
6.6.4.2. Konzept 252
6.6.4.3. Verfahrensbeschribung 252
6.6.4.4. Materialbilanz 254
6.6.4.5. Wirtschaftlichkeit 254
6.6.5. Recycling- und Brecheranlage SystemKronenberger 255
6.6.5.1. Lizenzgeber 255
6.6.5.2. Konzept 255
6.6.5.3. Verfahrensbeschreibung 255

6.6.5.4. Technische Daten 255

6.6.6. Baustellenabfallaufbereitung System Sutco 256

6.6.6.1. Lizenzgeber 256

6.6.6.2. Konzept 256

6.6.6.3. Verfahrensbeschreibung 256

6.7. Wirtschaftliche Einbindung der Bauabfallaufbereitung in bestehende Entsorgungskonzepte 257

7. Aufbereitungsverfahren für Rückstände aus der Verbrennung 258

7.1. Schlacken 258

7.2. Filterstäube 259

7.3. Rückstände aus der Rauchgasreinigung 261

1. Abfallaufbereitung

Aufbereitung ist die Anwendung der mechanischen Verfahrenstechnik in Prozessen, in denen die wertvollen Komponenten von den weniger wertvollen getrennt werden. Derartigen Sortieranlagen sind stets Verwertungs- oder Entsorgungsanlagen, Kompostierungs- oder Verbrennungsanlagen für die Wertstoffe und Deponien für die nicht verwertbaren Reststoffe nachgeschaltet. Aufbereitungsanlagen sind kein Ersatz, sondern eine Ergänzung von Entsorgungsanlagen.

Für die Sortierung werden mechanische Verfahren oder die Handsortierung eingesetzt, wobei häufig beide Verfahrensweisen kombiniert werden. Zur mechanischen Trennung werden die Unterschiede der physikalischen Eigenschaften genutzt. Derartige Eigenschaften sind:

- Reflexionsvermögen,
- Farbe,
- Form,
- Dichte,
- magnetische und elektrische Eigenschaften,
- Oberflächeneigenschaften,
- Zerfallseigenschaften.

In der Abfallwirtschaft wird die Aufbereitung als Vorstufe zur stofflichen Verwertung (zum Beispiel bei Hausmüll, bei Wertstoffgemischen, bei einzelnen Stofffraktionen wie Altpapier, Altkunststoff, Schrott oder Baurestmassen) oder zur energetischen Verwertung (Herstellung von Brennstoffen) eingesetzt.

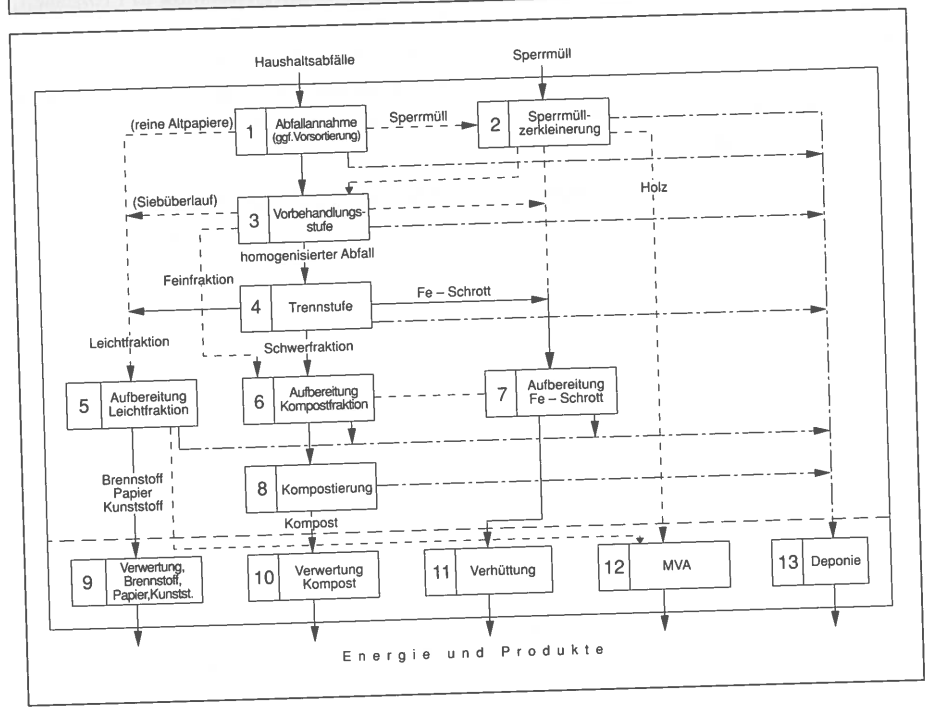
Die unterschiedlichen Eigenschaften der Stoffe werden zur Abtrennung einzelner Fraktionen aus Abfallgemischen durch verschiedene Aufbereitungsprinzipien genutzt.

Aufbereitungsverfahren stellen eine Kombination von Aufbereitungsaggregaten dar. Obwohl die Aggregate auf vielfältige Weise von den Verfahrensanbietern miteinander kombiniert werden, gleichen sich die Verfahren im prinzipiellen Aufbau. Dies wird mit der in Bild 1 durchgeführten Aufgliederung des Aufbereitungsprozesses für Haushaltsabfälle in Subsysteme ersichtlich. Nicht alle Aufbereitungsverfahren enthalten sämtliche dargestellten Subsysteme. Die Anzahl der Subsysteme richtet sich nach Zahl und Qualität der zu gewinnenden Produkte.

Als Verfahrens-Input für derartige Hausmüllaufbereitungsanlagen kommen Haushaltsabfälle, Gewerbeabfälle (soweit sie aus hausmüllähnlichen Komponenten bestehen) sowie in Sonderfällen auch Sperrmüll in Frage. Gerade die letztgenannte Abfallart erscheint aber für Aufbereitungsverfahren, die für Haushaltsabfälle konzipiert werden, besonders problematisch, wie dies an Beispielen nachgewiesen wird.

Aufbereitungsverfahren werden seit etwa zwanzig Jahren entwickelt und teilweise auch betrieben. Dadurch sind neue Verfahren und Verfahrenskombinationen entstan-

Bild 1: Gliederung von Aufbereitungsprozessen für Haushaltsabfälle in Subsysteme



den. Ziel der Aufbereitung ist die möglichst sortenreine Gewinnung von Fraktionen, um die weitestgehende Verwertung gemischter Haushaltsabfälle zu erreichen. Zu behandelnde oder abzulagernde Restmengen sollen weitestgehend minimiert werden.

Es ist zu untersuchen, welche Aufbereitungsverfahren für Haus- und Gewerbeabfälle sowie einzelne, getrennt erfaßte Fraktionen so weit entwickelt sind, daß sie sich für den großtechnischen Einsatz eignen.

Besonderer Wert ist bei der Verfahrensauswahl auf folgende Parameter zu legen:

- Eignung für verschiedene Abfallqualitäten und -quantitäten,
- Entwicklungsstand und Entsorgungssicherheit,
- Produktqualität und Absatzmöglichkeit,
- Qualität und Quantität der zu entsorgenden Reststoffe,
- Umweltbeeinträchtigungen,
- Wirtschaftlichkeit.

Zu diesen Kriterien liegt gerade bei neueren Verfahren wenig verwertbares Material vor. Daher ist nach der Entscheidung für die prinzipielle Vorgehensweise für jeden

Einzelfall ein Pflichtenheft im Rahmen einer Vorplanung zu erstellen. Danach müssen die Aufbereitungsanlagen ausgeschrieben werden. Die sich anschließende Verfahrensauswahl muß dann die genannten Parameter berücksichtigen.

1.1. Grundoperationen

Die Wahl einer Aufbereitungsmethode oder einer Kombination von Aufbereitungsmethoden wird, durch unterschiedliche Faktoren bestimmt:

- Eigenschaften des aufzubereitenden Abfalls und Möglichkeiten zur Verwertung und Entsorgung,
- physikalische und chemische Eigenschaften des Ausgangsmaterials,
- Zerkleinerungsverhalten des Ausgangsmaterials oder seiner Komponenten und Korngrößenverteilung des Produktes,
- Wert des Ausgangsmaterials und der Produkte,
- Kosten der Aufbereitung,
- angestrebtes Ausbringen,
- Anforderungen an die Qualität des aufbereiteten Produktes,
- zulässiger Gehalt an Verunreinigungen im Produkt,
- Teilchengröße und andere physikalische Eigenschaften der Produkte,
- Transportverhältnisse,
- Wirtschaftlichkeit,
- Wertzunahme des Produktes durch die Aufbereitung,
- Kosten der Aufbereitung.

Die Aufbereitung wird mit Aggregaten vorgenommen, wie sie aus anderen Anwendungsbereichen der mechanischen Verfahrenstechnik, insbesondere der Aufbereitung mineralischer Rohstoffe, bekannt sind.

Grundoperationen in Aufbereitungsprozessen sind:

- Oberflächenvergrößerung (Zerkleinerung),
- Oberflächenverringerung (Agglomeration),
- Klassierung (Trennung nach der Korngröße),
- Sortierung (Trennung nach Stoffen).

Die beiden letztgenannten Vorgänge können sich überschneiden, wenn nämlich bestimmten Korngrößen bestimmte Materialien zugeordnet sind. In diesem Fall spricht man von sortierender Klassierung oder klassierender Sortierung.

Die wichtigsten Grundoperationen, die in den mechanischen Abfallaufbereitungsverfahren angewendet werden, sollen kurz beschrieben werden. Zur weitergehenden Information wird auf die Fachartikel in diesem Buch verwiesen.

1.1.1. Kennzeichnung des aufzubereitenden Haufwerkes

Bei aufbereitungstechnischen Fragestellungen insbesondere für Sortier- und Klassieraufgaben ist es wichtig, die Verteilung der Korngrößen im Material zu kennen, d.h. Informationen darüber zu gewinnen, welcher Mengenanteil kleiner oder größer ist als eine bestimmte Bezugskorngröße, oder welche Mengenanteile auf vorgegebene Korngrößenklassen entfallen.

Zur Charakterisierung der Korngrößenverteilung dient die Korngrößenverteilungsfunktion. Um diese Funktion zu bestimmen, werden die Mengenanteile bestimmt, deren Körner kleiner als die vorgegebenen Korngrößen sind. Dies geschieht durch wiederholtes Absieben mittels genormter Siebböden unterschiedlicher Maschenweite.

Die Mengenanteile werden dann in einem Diagramm über die Korngröße aufgetragen.

Durch Differentiation nach der Korngröße kann aus der Korngrößenverteilungsfunktion F(d) die Korngrößenverteilungsdichte f(d) gewonnen werden.

$$f(d) = \frac{d\,F(d)}{d(d)}$$

Problematisch ist die praktische Ausführung dieses Differenzquotienten. Da man den Quotienten nicht beliebig klein wählen kann, werden statt dessen aufeinanderfolgende Klassengrenzen eingesetzt. In der graphischen Darstellung erhält man deshalb keine stetige Kurve, sondern ein Säulendiagramm, das durch Flächenausgleich an die Kurve angenähert werden muß.

Die Vorgehensweise wird im Folgenden an einem Beispiel erläutert.Durch Absieben wird zunächst der Massenanteil der einzelnen Korngrößenklassen ermittelt und in Form einer Korngrößenverteilungstafel dargestellt.

Tabelle 1: Korngrößenverteilungstafel

Korngrößenklasse (mm)			Masseanteil (kg)	Masseanteil (%)	Verteilungssumme (%)
< 0,16			0,180	1,7	1,7
0,16	-	0,63	0,648	6,1	7,8
0,63	-	1,25	0,919	8,7	16,5
1,25	-	2,50	1,920	18,1	34,6
2,50	-	5,00	3,021	28,6	63,2
5,00	-	6,30	1,084	10,3	73,5
6,30	-	10,00	1,748	19,6	90,1
10,00	-	16,00	0,761	7,2	97,3
16,00	-	20,00	0,232	2,2	99,5
		> 20,00	0,054	0,5	100,0

Die graphische Darstellung kann dann in Form einer Korngrößenverteilungsfunktion oder in Form einer Korngrößenverteilungsdichtekurve (siehe Bild 2) erfolgen.

Diese Kurven charakterisieren die Mengenverteilung der Korngrößen in einem Haufwerk und können zur Planung und Entwurf der Aufbereitungsanlage herangezogen werden.

Bild 2: Korngrößenverteilungsfunktion (a) und Korngrößenverteilungsdichte (b)

