

# INHALTSÜBERSICHT

Zum Geleit . . . . .	3
Vorwort . . . . .	4
Vorwort der Autoren . . . . .	5
Inhaltsübersicht über BAND I Grundlagen für alle Fachrichtungen . . . . .	6
1 Geschichtliche Entwicklung der Abfallentsorgung und Städtereinigung . . . . .	17
1.1 Allgemeines . . . . .	17
1.2 Prähistorische Zeit – Altertum . . . . .	18
1.3 Mittelalter . . . . .	18
1.4 Neuzeit – bis Mitte des 19. Jahrhunderts . . . . .	19
1.5 Neuzeit – die 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts (1. Reform der Städtereinigung) . . . . .	20
1.6 Die 1. Hälfte des 20. Jahrhunderts (Gründung des Verbandes Kommunaler Fuhrparksbetriebe) . . . . .	20
1.7 Die 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts (2. Reform der Städtereinigung) . . . . .	21
1.8 Ziele – Zukunftsperspektiven . . . . .	22
2 Herkunft, Arten, Mengen, Beschaffenheit und Zusammensetzung der Abfälle . . . . .	25
2.1 Herkunft und Unterscheidung der Abfälle . . . . .	25
2.2 Abfallarten . . . . .	34
2.2.1 Abfallkatalog . . . . .	34
2.2.1.1 Aufbau und Inhalt des Abfallkataloges/Sonderabfall- kataloges . . . . .	34
2.2.1.2 Schema des Abfallkataloges . . . . .	35
2.2.1.3 Schema des Sonderabfallartenkataloges . . . . .	36
2.2.2 Anwendung des Abfall- und des Sonderabfallartenkataloges . . . . .	38
2.3 Abfallmengen . . . . .	40
2.3.1 Gewicht, Volumen und Raumgewicht . . . . .	40
2.3.2 Erfassung und Mengenangaben . . . . .	41
2.4 Zusammensetzung und Beschaffenheit der Abfälle . . . . .	45
2.4.1 Beschreibung des Hausmülls . . . . .	45
2.4.2 Chemische und physikalische Größen des Hausmülls . . . . .	50
2.4.3 Schadstoffe im Hausmüll . . . . .	51
2.4.4 Beschreibung der produktionsspezifischen Abfälle . . . . .	52
2.4.5 Beschreibung der Sonderabfälle . . . . .	53
2.5 Abfälle unter den Gesichtspunkten der Vermeidung, Verminderung und Verwertung . . . . .	54
3 Sammlung und Transport von Abfällen . . . . .	57
3.1 Allgemeines . . . . .	57
3.2 Sammlung von Abfällen . . . . .	57
3.2.1 Aufgabenzuständigkeit . . . . .	57
3.2.2 Entsorgungstechnik . . . . .	58
3.2.2.1 Abfallsammelsysteme . . . . .	58

3.2.2.2	Behältersysteme/Abfallgefäßarten	60
3.2.2.3	Behälterstandplätze/Transportwege	65
3.3	Transport von Abfällen	67
3.3.1	Abfallsammelfahrzeuge	67
3.3.2	Schüttvorrichtungen (Schüttssysteme) am Müllsammelfahrzeug	69
3.3.3	Fahrzeuge für den Transport von Wechselbehältern	72
3.3.4	Organisation der Abfallabfuhr	74
3.4	Organisation und Technik der Sperrgutabfuhr	75
3.4.1	Bedarfssperrmüllabfuhr	75
3.4.2	Turnusmäßige Sperrmüllabfuhr	76
3.4.3	Fahrzeugtechnik	76
3.5	Müllumladeanlagen	77
3.6	Abfuhr sonstiger fester Abfälle	79
3.7	Sammlung und Transport flüssiger Abfälle	80
3.8	Transport gefährlicher Güter	81
3.9	Getrennte Erfassung von Schadstoffen aus Siedlungsabfällen	84
4	Methoden der Abfallverwertung und -behandlung	95
4.0.1	Abfallentsorgung – Abfallwirtschaft	95
4.0.2	Verfahren der Abfallverwertung und -behandlung	95
4.0.3	Abfallentsorgungs- und Verwertungsanlagen in der Bundesrepublik	96
4.0.4	Altablagerungen und Altlasten	99
4.1	Stoffliche Verwertung	100
4.1.1	Zielsetzung	100
4.1.2	Organisation, technischer Aufwand und Kosten der getrennten Sammelverfahren	102
4.1.2.1	Systemlose Sammlung – Straßensammlung	102
4.1.2.2	Bringsysteme	102
4.1.2.3	Holsysteme	106
4.1.3	Stofftrennung durch mechanische Abfallaufbereitung	109
4.1.4	Aufbereitung und Wiederverwertung von Industrie- und Gewerbeabfällen	113
4.1.5	Aufbereitung und Wiederverwertung von Bauschutt, Straßenaufbruch, anorganischen Massenabfällen und Baustellenmischabfällen	115
4.1.6	Verwertung von Altreifen und sonstigen Abfällen	117
4.1.7	Vermarktung der gewonnenen Wertstoffe	117
4.1.7.1	Papier	118
4.1.7.2	Glas	118
4.1.7.3	Metalle	119
4.1.7.4	Kunststoffe	119
4.1.7.5	Textilien	120
4.1.7.6	Recycling-Baustoffe	120
4.1.8	Duales System	120
4.1.9	Abfallbörse	123
4.2	Kompostierung	124
4.2.1	Allgemeines	124

4.2.2	Grundlagen der Kompostierung	127
4.2.3	Hygiene	134
4.2.4	Kompostierungsverfahren	135
4.2.5	Kompostqualitäten	150
4.2.6	Kompostabsatz	153
4.2.7	Umweltbelastungen durch Kompostwerke	168
4.3	Thermische Behandlung	170
4.3.1	Allgemeines	170
4.3.2	Allgemeine Verfahrenstechnik	170
4.3.2.1	Funktionsbeschreibung einer Anlage	171
4.3.2.2	Rostfeuerungen	173
4.3.2.3	Drehtrommelsysteme	174
4.3.2.4	Pyrolyseverfahren	174
4.3.2.5	Brennstoffe aus Abfall	176
4.3.2.6	Klärschlammverbrennung	177
4.3.3	Beschreibung einzelner Verfahrenskomponenten	178
4.3.3.1	Abfallanlieferung	178
4.3.3.2	Abfallbunker	178
4.3.3.3	Beschickungseinrichtungen	179
4.3.3.4	Feuerraum und Nachbrennzone	180
4.3.3.5	Verbrennungsluft – Zusatzluft	181
4.3.3.6	Aufbau eines Rostsystemes	182
4.3.3.7	Rauchgastransport	184
4.3.3.8	Wärmetauscher – Dampferzeuger	184
4.3.3.9	Entschlackung – Entaschung	187
4.3.3.10	Rauchgasreinigung	188
4.3.3.11	Kamin	190
4.3.3.12	Kontrollsysteme	190
4.3.3.13	Nebenanlagen	191
4.3.4	Abfallenergieinhalte	192
4.3.4.1	Heizwertentwicklung	193
4.3.4.2	Heizwerttabelle für Abfallstoffe	193
4.3.4.3	Energieäquivalente	194
4.3.5	Heizwertermittlung	195
4.3.5.1	Heizwertbestimmung nach Abfall-Einzelkomponenten	195
4.3.5.2	Heizwertbestimmung nach Betriebsparametern	196
4.3.5.3	Beispiel einer $H_{uA}$ -Bestimmung	198
4.3.6	Feuerleistungsdiagramme	199
4.3.6.1	Einfluß des Heizwertes auf den Abfalldurchsatz	200
4.3.6.2	Extremwertbetrachtung	200
4.3.6.2.1	Heizwertminderungen	201
4.3.6.2.2	Heizwertsteigerungen	201
4.3.6.3	Berechnung von Abfalldurchsatzmengen	201
4.3.7	Verbrennungstechnologie	203
4.3.7.1	Feuerraumgeometrie	203
4.3.7.2	Einfluß des Heizwertes auf die Feuerraumgeometrie	204
4.3.7.3	Einfluß des Heizwertes auf die Feuerraumtemperatur	205

4.3.7.4	Rauchgasmengen . . . . .	207
4.3.7.4.1	Spezifische Rauchgasmenge . . . . .	207
4.3.7.4.2	Gesamtrauchgasmenge . . . . .	207
4.3.7.4.3	Temperaturabhängige Betriebsrauchgasmenge . . . . .	207
4.3.7.5	Rauchgasgeschwindigkeit und Verweilzeit . . . . .	207
4.3.7.6	Ausbrandgüte der Rauchgase . . . . .	209
4.3.7.7	Verbrennungsluft . . . . .	210
4.3.7.7.1	Verbrennungsluftmenge . . . . .	210
4.3.7.7.2	Luftüberschuß „ $\lambda$ “ . . . . .	211
4.3.7.7.3	Verteilung der Verbrennungsluft . . . . .	211
4.3.7.7.4	Verbrennungsluftsteuerung . . . . .	212
4.3.7.7.5	Einfluß des $O_2$ -Wertes auf die Emissionsbewertung . . . . .	213
4.3.7.8	Feuerungsleistungs-Regelung . . . . .	214
4.3.8	Emissionen/Immissionen . . . . .	215
4.3.8.1	Einfluß der Verbrennungstechnologie . . . . .	215
4.3.8.2	Emissionsbegrenzungen . . . . .	215
4.3.8.3	Rohgas- und Reingaswerte . . . . .	216
4.3.8.4	Emissionsvergleiche . . . . .	217
4.3.8.5	Immissionen . . . . .	218
4.3.9	Rauchgasreinigungs-Systeme . . . . .	219
4.3.9.1	Allgemeines . . . . .	219
4.3.9.2	Elektrofilter . . . . .	220
4.3.9.3	Zyklone . . . . .	221
4.3.9.4	Gewebefilter . . . . .	221
4.3.9.5	Sprühabsorber . . . . .	222
4.3.9.6	Naßwäscher . . . . .	224
4.3.9.7	Naßelektrofilter . . . . .	225
4.3.9.8	Aktivkohlefilter . . . . .	225
4.3.9.9	Entstickung . . . . .	227
4.3.9.10	Verschiedene Rauchgasreinigungs-Verfahren . . . . .	229
4.3.10	Reststoffe . . . . .	232
4.3.10.1	Reststoffanfall . . . . .	232
4.3.10.2	Rostschlacke . . . . .	234
4.3.10.3	Kesselasche . . . . .	235
4.3.10.4	Flugasche . . . . .	236
4.3.10.5	Rückstände aus der Rauchgasreinigung . . . . .	237
4.3.10.6	Abwasser . . . . .	237
4.3.10.7	Analytische Werte der Reststoffe und Rückstände . . . . .	238
4.3.11	Energieverwertung . . . . .	240
4.3.11.1	Allgemeines . . . . .	240
4.3.11.2	Dampfparameter . . . . .	242
4.3.11.3	Stromerzeugung . . . . .	243
4.3.11.4	Fernwärme (Kraft-Wärme-Kopplung) . . . . .	246
4.3.12	Betrieb der Anlage . . . . .	248
4.3.12.1	Betriebssicherheit . . . . .	248
4.3.12.2	Personalbedarf . . . . .	249

4.3.12.3	Schichtbetrieb	250
4.3.12.4	Betriebsstörungen	251
4.3.12.5	Betriebskontrolle	252
4.4	Deponie	254
4.4.1	Allgemeines	254
4.4.2	Bauliche Hauptbestandteile der Deponie	254
4.4.3	Deponieformen und Deponiearten	254
4.4.4	Zuordnung von Abfallarten zu Deponieklassen oder -typen	258
4.4.5	Von der Deponie ausgehende Umweltauswirkungen	258
4.4.5.1	Emissionen in die Luft	259
4.4.5.2	Emissionen in das Wasser	260
4.4.5.3	Auswirkungen auf die Landschaft	260
4.4.5.4	Auswirkungen hygienischer Art	261
4.4.6	Vorgänge in der Deponie	261
4.4.6.1	Deponiegas	261
4.4.6.2	Sickerwasser	264
4.4.7	Sickerwasserfassung	269
4.4.8	Sickerwasserbehandlung	274
4.4.8.1	Gesetzliche Vorgaben und Behandlungsnotwendigkeit	274
4.4.8.2	Möglichkeiten der Sickerwasserbehandlung	276
4.4.8.2.1	Biologische Verfahren	276
4.4.8.2.2	Chemisch-physikalische Verfahren	280
4.4.8.2.3	Physikalische Verfahren	281
4.4.8.2.4	Weitere Verfahren	283
4.4.8.3	Auswirkungen	283
4.4.9	Untergrund- und Oberflächenabdichtung	284
4.4.9.1	Untergrundabdichtung (Basisabdichtung)	284
4.4.9.2	Oberflächenabdichtung	285
4.4.10	Deponiegasfassung	286
4.4.10.1	Charakterisierung von Deponiegas	286
4.4.10.2	Maßnahmen zur Gasfassung	287
4.4.10.3	Anforderungen an eine Gasdränung	287
4.4.10.4	Bauliche Ausführung von Gasdränung	288
4.4.11	Deponiegasnutzung	290
4.4.11.1	Spezifische Daten für das Deponiegas	290
4.4.11.2	Analyse des Deponiegases	290
4.4.11.3	Entgasung	292
4.4.11.4	Gasaufbereitung	293
4.4.11.5	Abfackelung	294
4.4.11.6	Deponiegasnutzungsanlagen	294
4.4.12	Einrichtungen von Deponien	296
4.4.12.1	Zufahrten und Infrastruktur	296
4.4.12.2	Umfriedung	296
4.4.12.3	Eingangsbereich	297
4.4.12.4	Maschinenausstattung	297
4.4.13	Annahme und Einbau von Abfällen	298
4.4.13.1	Annahme der Abfälle	298

4.4.13.2	Schutzwälle	298
4.4.13.3	Einbau der Abfälle	299
4.5	Sonderabfallbehandlung	304
4.5.1	Allgemeines	304
4.5.2	Sonderabfallarten und ihre Zuordnung	304
4.5.3	Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen (CPB)	306
4.5.3.1	Allgemeines	306
4.5.3.2	Sammelstelle und Zwischenlager	306
4.5.3.3	Chemische Behandlung	307
4.5.3.3.1	Neutralisation	307
4.5.3.3.2	Entgiftung	308
4.5.3.3.3	Fällung	310
4.5.3.3.4	Chemische Emulsionsspaltung	311
4.5.3.4	Physikalische Behandlung	311
4.5.3.4.1	Konfektionierung	311
4.5.3.4.2	Konditionierung und mechanische Entwässerung	313
4.5.3.5	Ausgasungen, Geruchsemissionen und Staubentwicklung	316
4.5.3.6	Ausstattung und Arbeitsweise von CPB-Anlagen	316
4.5.4	Verfestigungsverfahren für Sonderabfälle	318
4.5.5	Thermische Sonderabfallbehandlung	319
4.5.5.1	Allgemeines	319
4.5.5.2	Zu verbrennende Sonderabfälle	319
4.5.5.3	Anlieferungsformen für Abfälle	320
4.5.5.4	Hauptbestandteile der Anlage	320
4.5.5.5	Beschickung und Feuerungstechnik	321
4.5.5.6	Rauchgasreinigung	323
4.5.5.7	Verwertung der freiwerdenden thermischen Energie	323
4.5.5.8	Betrieb der Sonderabfallverbrennungsanlage	323
4.5.6	Sonderabfalldeponie	324
4.5.6.1	Oberirdische Sonderabfalldeponie	324
4.5.6.1.1	Bisherige Deponietechnik	324
4.5.6.1.2	Grundlagen der neuen Deponietechnik	326
4.5.6.1.3	Bedingungen an die abzulagernden Abfälle	328
4.5.6.1.4	Betrieb der Sonderabfalldeponie	328
4.5.6.2	Untertagedeponie	330
4.5.6.2.1	Zielsetzung	330
4.5.6.2.2	Arten von Untertagedeponien	330
4.5.6.2.3	Betrieb der Untertagedeponie	332
5	Probenahme, Messungen und Analytik	335
5.1	Probenahme	335
5.1.1	Notwendigkeit der Probenahme	335
5.1.2	Hausmüllprobenahme	336
5.1.3	Probenahme produktionspezifischer Abfälle und Sonderabfälle	339
5.1.4	Probenahme bei Komposten	344
5.1.5	Probenahme von kontaminierten Böden	344

5.1.6	Gewinnung von Wasserproben . . . . .	345
5.1.7	Abfallprobenahme vom Lkw im Eingangsbereich . . . . .	347
5.1.8	Probenahmeprotokoll und Probensicherung . . . . .	350
5.2	Sinnesprüfungen . . . . .	350
5.3	Probenvorbereitung für chemische und physikalische Untersuchungen . . . . .	351
5.3.1	Probenvorbereitung für Hausmüll . . . . .	351
5.3.2	Zerkleinerungsmaschinen . . . . .	353
5.3.3	Probenvorbereitung für produktionspezifische Abfälle und Sonderabfälle . . . . .	354
5.4	Physikalische Untersuchungsmethoden . . . . .	355
5.4.1	Analyse des Hausmülls . . . . .	355
5.4.2	Siebanalyse (Hausmüll) . . . . .	355
5.4.3	Sortieranalyse . . . . .	357
5.4.4	Bestimmen der Abfalldichte und des Abfallvolumens . . . . .	359
5.4.5	Bestimmen des Wassergehaltes . . . . .	360
5.4.6	Hygroskopische Feuchtigkeit (Restwassergehalt) . . . . .	361
5.4.7	Bestimmen des organischen Anteils (Glühverlust und mineralischer Anteil) . . . . .	362
5.4.8	Thermisches Verhalten (Erhitzungsversuch) . . . . .	363
5.4.9	Temperaturmessungen . . . . .	363
5.5	Chemische Untersuchungen . . . . .	365
5.5.1	Analytische Untersuchungen im Betriebslabor (Kontrollanweisung) . . . . .	365
5.5.2	pH-Wert . . . . .	366
5.5.3	Bestimmung für leicht freisetzbare Blausäure . . . . .	368
5.5.4	Reaktionstest . . . . .	369
5.5.5	Qualitative Analyse ausgewählter Anionen und Kationen . . . . .	370
5.5.6	Elektrische Leitfähigkeit . . . . .	372
5.5.7	Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) . . . . .	373
5.5.8	Kohlendioxid im Deponiegas . . . . .	375
5.6	Biochemische Untersuchungsmethoden . . . . .	375
5.6.1	Bestimmung des Rottegrades bei Komposten . . . . .	375
5.6.2	Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB <sub>5</sub> ) . . . . .	376
5.7	Untersuchungsrahmen bei Gewerbe- und Sonderabfällen . . . . .	379
5.8	Untersuchungsrahmen bei Komposten . . . . .	382
5.9	Untersuchungsrahmen für Grund- und Sickerwasser . . . . .	382
6	Betriebssteuerung und Betriebsüberwachung . . . . .	385
6.1	Instrumentarium der Betriebssteuerung . . . . .	385
6.1.1	Abfallberatung . . . . .	385
6.1.2	Entsorgungsnachweis . . . . .	385
6.1.3	Beförderungsgenehmigung (Transportgenehmigung) . . . . .	389
6.1.4	Begleitscheinverfahren . . . . .	389
6.2	Betriebliche Überwachung . . . . .	390
6.2.1	Kontrolle im Eingangsbereich . . . . .	390
6.2.2	Kontrolle im Entladebereich . . . . .	391
6.2.3	Kontrolle bei der Ausfahrt . . . . .	392
6.2.4	Kontrolle bei der Verarbeitung . . . . .	393

6.2.5	Kontrolle der Wertstoffe . . . . .	394
6.2.6	Kontrolle der Rückstände und Reststoffe . . . . .	395
6.3	Betriebsdaten und Betriebsaufzeichnungen . . . . .	396
6.4	Betriebsbeauftragter für Abfall . . . . .	402
6.5	Benutzungsordnung . . . . .	403
6.6	Betriebsanweisungen (Betriebshandbuch) . . . . .	404
6.7	Behördliche Überwachung . . . . .	405
6.8	Pflege, Wartung und Instandhaltung . . . . .	407
6.9	Personalausstattung und -qualifikation . . . . .	408
7	Fachbezogene Rechtsvorschriften, technische Regeln und Sicherheitsvorschriften . . . . .	411
7.1	Begriff des Rechts . . . . .	411
7.2	Rechtsquellen . . . . .	411
7.3	Rangordnung der Rechtsquellen . . . . .	413
7.4	Privates und öffentliches Recht . . . . .	413
7.5	Das Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen der Bundes- republik (Abfallgesetz – AbfG) vom 27. 8. 1986 . . . . .	413
7.6	Ländergesetze, Satzungen . . . . .	427
7.7	Technische Anleitung Abfall – TA Abfall . . . . .	427
7.8	Verordnung über die Vermeidung von Verpackungsabfällen (VerpackV) . . . . .	429
7.9	Technische Regeln . . . . .	431
7.10	Sicherheitsvorschriften . . . . .	432
	Schrifttumsverzeichnis . . . . .	433
	Bilder und Tabellen (mit Quellennachweis) . . . . .	442
	Stichwortverzeichnis . . . . .	459
	Kurzdarstellung der Autoren . . . . .	471