

B. Bilitewski · G. Härdtle · K. Marek

Abfallwirtschaft

Handbuch für Praxis und Lehre

Dritte, neubearbeitete Auflage

Mit 361 Abbildungen und 130 Tabellen



Springer

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung in die Abfallwirtschaft.....	1
1.1 Geschichte der Abfallwirtschaft	1
1.2 Umweltpolitische Prinzipien und Maßnahmen.....	7
1.2.1 Grundzüge.....	7
1.2.2 Umweltpolitische Instrumente.....	8
1.3 Rechtliche Grundlagen	10
1.3.1 Allgemeines.....	10
1.3.2 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG).....	11
1.3.2.1 Begriffsbestimmungen	11
1.3.2.2 Grundsätze der Kreislaufwirtschaft	13
1.3.2.3 Überlassungspflichten	14
1.3.2.4 Strafandrohung	15
1.3.3 Technische Anleitung Abfall (TA Abfall).....	15
1.3.4 Technische Anleitung Siedlungsabfall (TA Siedlungsabfall)	15
1.3.5 Rechtsverordnungen zur Erfüllung der Produktverantwortung.....	16
1.3.6 Zulassung von Abfallbehandlungsanlagen.....	17
1.3.7 Umweltverträglichkeitsprüfung.....	18
1.3.8 Untergesetzliches Regelwerk zum Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz.....	19
1.3.8.1 Verordnung zur Einführung des Europäischen Abfallkataloges (EAK-Verordnung)	19
1.3.8.2 Verordnung zur Bestimmung der Überwachungsbedürftigkeit von Abfällen)	20
1.3.8.3 Verordnung über Verwertungs- und Beseitigungsnachweise (Nachweisverordnung – NachwV)	21
1.3.8.4 Transportgenehmigungsverordnung (TgV).....	21
1.3.8.5 Verordnung über Abfallwirtschaftskonzepte und Abfallbilanzen.....	21
1.3.8.6 Entsorgungsfachbetriebverordnung (EfbV) und Entsorgungsgemeinschaftenrichtlinie.....	22
1.3.9 Umwelthaftung.....	23
1.3.9.1 Gesetz für die Umwelthaftung (UHG)	23
1.3.9.2 Die EG-Öko-Audit-Verordnung.....	23
2 Der Abfall.....	27
2.1 Definition des Abfallbegriffes	27
2.2 Abfallmengenentwicklung und Abfallzusammensetzung.....	29

2.2.1 Hausmüll, Sperrmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	32
2.2.2 Gewerbe- und Produktionsabfälle	34
2.2.3 Sonderabfälle.....	40
2.2.4 Verpackungsabfälle.....	45
2.2.5 Altautos und Altreifen.....	51
2.2.6 Elektronikschrott und Batterien.....	52
2.2.7 Klärschlämme.....	55
2.2.8 Baurestmassen.....	56
2.2.8.1 Aufkommen an Baurestmassen	58
2.3 Einflußgrößen der Zusammensetzung von Haus-, Sperr- und Gewerbemüll	62
2.3.1 Einfluß der Behältergröße auf den Abfall	64
2.3.2 Abfallzusammensetzung nach Stoffgruppen.....	67
2.3.3 Schwankungen der Stoffmengen.....	70
2.3.4 Schwankungen der Dichte und des Feuchtigkeitsgehaltes	72
2.3.5 Korngrößenverteilung des Abfalls	73
3 Sammlung, Umschlag und Transport von Abfällen und Wertstoffen	75
3.1 Durchführung, Systeme, Organisation.....	75
3.1.1 Sammelsysteme.....	76
3.1.1.1 Sammelverfahren.....	76
3.1.1.2 Behältersysteme.....	79
3.1.2 Umschlag.....	82
3.1.2.1 Anlieferung.....	84
3.1.2.2 Aufbereitung.....	84
3.1.2.3 Be- und Entladung von Transportmitteln	86
3.1.2.4 Planung und Aufbau einer Umschlagstation	88
3.1.3 Transportsysteme	90
3.1.3.1 Abfalltransporte auf der Straße.....	90
3.1.3.2 Abfalltransporte auf der Schiene	97
3.1.3.3 Abfalltransporte auf dem Wasser	97
3.2 Feste Abfälle und Wertstoffe	98
3.2.1 Duales System	98
3.2.2 Organisation der Haus- und Sperrmüllsammlung	99
3.2.3 Wertstoffeffassung aus Hausmüll.....	101
3.2.3.1 Gemischte Erfassung.....	102
3.2.3.2 Getrennte Sammlung von Wertstoffen des Hausmülls	102
3.3 Flüssige Abfälle und Schlämme	116
3.3.1 Transport mit Straßenfahrzeugen	116
3.3.2 Füllen und Entleeren	116
3.3.3 Behältersysteme	118
3.4 Sonderabfälle	119
3.4.1 Gesetzliche Grundlagen	119
3.4.2 Behältersysteme	124
3.4.2.1 Behälter für feste und pastöse Sonderabfälle.....	125
3.4.2.2 Behälter für flüssige und schlammige Sonderabfälle	126

3.4.3	Sammelstellen und Zwischenlager	126
3.4.4	Sonderabfallkleinmengen aus Haushaltungen	128
4	Abfallbehandlung und -beseitigung	131
4.1	Geordnete Deponie	134
4.1.1	Klassifizierung von Deponien	135
4.1.1.1	Deponieformen	135
4.1.1.2	Betriebsformen	136
4.1.2	Deponiestandorte	138
4.1.2.1	Vorschriften und Richtlinien	138
4.1.2.2	Standortanforderungen	139
4.1.3	Einrichtung, Bau und Betrieb einer Deponie	141
4.1.3.1	Deponieabdichtungen	144
4.1.3.2	Sickerwassererfassung und -behandlung	155
4.1.3.3	Entgasung von Deponien	173
4.1.3.4	Betrieb von Deponien	189
4.1.3.5	Rekultivierung	195
4.1.4	Prognose des Langzeitverhaltens von Deponien	198
4.1.4.1	Verkürzung der Nachsorgephase durch In situ-Stabilisierung	200
4.1.4.2	Verfahren zur Befeuchtung, Bewässerung und Belüftung	202
4.1.4.3	In situ Stabilisierung als Möglichkeit zur Kostensenkung in der Deponienachsorge	204
4.1.5	Anforderungen an Sonderabfalldeponien	205
4.1.4.1	Oberirdische Deponien	207
4.1.4.2	Untertagedeponien im Salzgestein	216
4.2	Thermische Verfahren	221
4.2.1	Verbrennungsanlagen für Haushalts- und Gewerbeabfälle (MVA)	222
4.2.1.1	Schematischer Aufbau einer klassischen MVA	222
4.2.1.2	Abfallannahme	223
4.2.1.3	Lagerung, Vorbehandlung und Beschickung	224
4.2.1.4	Verbrennungsprozeß bei der Rostfeuerung	226
4.2.1.5	Schlackenabzug	237
4.2.1.6	Kessel und Abwärmenutzung	239
4.2.1.7	Rauchgasreinigungsverfahren (RGR-Verfahren)	245
4.2.1.8	Steuerung und Regelung	260
4.2.2	Verbrennungsanlagen für Sonderabfälle	261
4.2.2.2	Verbrennungsöfen	263
4.2.3	Verbrennung von sonstigen Abfällen	266
4.2.3.1	Verbrennung von Klärschlamm	266
4.2.3.2	Verbrennung von Stroh und Holz	270
4.2.4	Ent- und Vergasung von Abfällen (Pyrolyse)	272
4.2.4.1	Entgasung	273
4.2.4.2	Vergasung	274
4.2.4.3	Umweltbetrachtungen	277
4.2.5	Hydrierung und Hydrollyse	279

4.2.6	Trocknungsverfahren.....	282
4.2.6.2	Sonstige Trocknungsanlagen	294
4.3	Biologische Verfahren	294
4.3.1	Kompostierungsverfahren	295
4.3.1.1	Grundlagen der Kompostierung	295
4.3.1.2	Bioabfallkompostierung	301
4.3.1.3	Rotte von festen Abfallstoffen.....	320
4.3.2	Anaerobe Verfahren	329
4.3.2.1	Grundlagen der anaeroben Vergärung.....	330
4.3.2.2	Verfahrensvarianten	332
4.3.2.3	Endprodukte	338
4.3.2.4	Emissionen	341
4.4	Chemische und Physikalische Verfahren.....	341
4.4.1	Emulsionsspaltung	341
4.4.1.1	Behandlung der Emulsionen durch chemisch-physikalische Verfahren.....	343
4.4.1.2	Behandlung der Emulsionen durch thermische Verfahren	343
4.4.2	Destillation und Verdampfung	346
4.4.3	Neutralisation	346
4.4.3.1	Neutralisation saurer oder basischer Abwässer und Schlämme	346
4.4.3.2	Behandlungsprozesse bei der Neutralisation	347
4.4.4	Entgiftung.....	348
4.4.4.1	Chromatentgiftung.....	349
4.4.4.2	Cyanidentgiftung	350
4.4.4.3	Nitritentgiftung.....	351
4.4.5	Wertstoffrückgewinnung.....	352
4.4.6	Beispiel einer chemisch-physikalischen Behandlungsanlage.....	352
5	Recycling von Abfällen	355
5.1	Grundlagen der Aufbereitungstechnik.....	355
5.1.1	Zerkleinerung	358
5.1.1.1	Hammermühlen	359
5.1.1.2	Prallbrecher	360
5.1.1.3	Schneidmühlen und Rotorscheren	362
5.1.1.4	Cascadenmühlen.....	363
5.1.1.5	Siebraspeln	364
5.1.1.6	Backenbrecher	365
5.1.2	Klassierung.....	366
5.1.2.1	Siebe	367
5.1.2.2	Windsichter	371
5.1.3	Sortierung.....	375
5.1.3.1	Magnetscheider	375
5.1.3.2	Wirbelstromscheider.....	376
5.1.3.3	Optische Sortierung.....	378
5.1.3.4	Flotation.....	379

5.1.3.5 Dichtesortierung	381
5.1.3.6 Handsortierung	383
5.1.4 Verdichten	385
5.1.4.1 Ballenpresse.....	387
5.1.4.2 Weitere Preßverfahren	387
5.2 Aufbereitungsverfahren	390
5.2.1 Verfahren zur Gewinnung und Nutzung von Sekundärrohstoffen	390
5.2.1.1 Recycling von Wertstoffen aus Haushaltsabfällen	390
5.2.1.2 Recycling von hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen	398
5.2.1.3 Recycling von Bauabfällen.....	402
5.2.1.4 Recycling von Autowracks.....	416
5.2.1.5 Recycling von Altreifen.....	423
5.2.1.6 Recycling von Elektronikschrott	428
5.2.1.7 Recycling von Kühlgeräten	437
5.2.1.8 Recycling von Sonderabfällen	442
5.2.2 Verfahren zur Gewinnung von Brennstoff	456
5.2.2.1 Brennstoff aus Müll (BRAM).....	457
5.2.2.2 Carbo-Sed-Verfahren	464
5.2.2.3 Holzhackschnitzel.....	466
5.2.2.4 Brennstoff aus Papier (BRAP)	467
5.3 Vermarktung von Recycling-Produkten	468
5.3.1 Allgemeine Bemerkungen	468
5.3.1.1 Marktanalyse	469
5.3.1.2 Produktverkauf und Leistungsparameter	469
5.3.1.3 Fördermöglichkeiten des Absatzes	470
5.3.2 Papier und Pappe.....	471
5.3.2.1 Qualitätsanforderungen	471
5.3.2.2 Erlöse.....	474
5.3.3 Altglas	476
5.3.3.1 Qualitätsanforderungen	476
5.3.3.2 Erlöse.....	477
5.3.4 Eisenschrott	477
5.3.4.1 Qualitätsanforderungen	477
5.3.4.2 Erlöse.....	479
5.3.5 Kunststoffe	480
5.3.5.1 Qualitätsanforderungen	480
5.3.5.2 Erlöse.....	481
5.3.6 Kompost	482
5.3.6.1 Qualitätsanforderungen	483
5.3.6.2 Erlöse.....	486
5.3.7 Sekundärbaustoffe.....	486
5.3.7.1 Qualitätsanforderungen	488
5.3.7.2 Erlöse.....	493
5.3.8 Asphalt	493
5.3.8.1 Qualitätsanforderungen	493
5.3.8.2 Erlöse.....	494

6 Möglichkeiten der Abfallvermeidung	495
6.1 Rahmenbedingungen der Abfallvermeidung	495
6.1.1 Begriffsdefinition	495
6.1.2 Einfluß verschiedener Akteure auf die Abfallvermeidung	495
6.1.2.1 Maßnahmen indirekter Akteure	499
6.1.2.2 Direkte Akteure	504
6.2 Vermeidung von Hausmüll	507
6.2.1 Möglichkeiten zur Abfallvermeidung im Haushalt	507
6.2.2 Praktische Erfahrungen mit Abfallvermeidungsmaßnahmen	508
6.2.2.1 Modellversuch Abfallvermeidung Berlin	509
6.2.2.2 Modellversuch Abfallvermeidung in Hamburg-Harburg	511
6.2.2.3 Übertragbarkeit von Modellversuchen und Einschätzung erreichbarer Vermeidungsquoten	514
6.2.2.4 Abfallvermeidung bei Großveranstaltungen am Beispiel der ‘Grünen Woche’	515
6.2.2.5 Energieeinsparung durch Abfallvermeidung	517
6.2.2.6 Abfallvermeidung als Kaufkriterium und wirtschaftliche Einflußgröße	517
6.3 Vermeidung von Produktionsabfällen	518
6.3.1 Instrumente zur Durchsetzung	518
6.3.2 Technische Möglichkeiten	520
6.3.2.1 Abfallarme Produktionsverfahren (Prozeßoptimierung)	523
6.3.2.2 Innerbetriebliche Verwertung von Sonderabfällen	557
6.3.3 Auswirkung der Verminderung von Sonderabfällen durch die Industrie	563
6.3.3.1 Vorgehensweise und Untersuchungsgegenstand	564
6.3.3.2 Ergebnisse der Untersuchung zur Verminderung von Sonderabfällen durch die Industrie	565
6.3.4 Überprüfung der Prognosen zur Verminderung der Sonderabfälle durch Maßnahmen der Industrie	572
6.3.5 Möglichkeiten zur Verminderung von Reststoffen durch die Industrie	574
6.3.5.1 Bisher anfallende Reststoffmengen	576
6.3.5.2 Potentiale zur Verminderung von Reststoffen	578
6.3.5.3 Nutzung der Potentiale zur Reststoffverminderung	581
7 Altlasten	583
7.1 Ursachen und Begriffsbestimmung.....	583
7.2 Umfang und Gefahrenabschätzung von Altlasten.....	584
7.2.1 Umfang altlastenverdächtiger Standorte	584
7.2.2 Umweltgefahren durch Altlasten	585
7.2.3 Rechtsfragen.....	585
7.3 Erfassung, Erkundung und Bewertung	586
7.3.1 Erfassung.....	586
7.3.2 Erkundung	587

7.3.2.1	Auswertung von Archivmaterial.....	587
7.3.2.2	Karten- und Luftbildinterpretation	587
7.3.2.3	Erkundung durch Bioindikatoren	588
7.3.2.4	Geophysikalische Erkundungsmethoden.....	589
7.3.2.5	Untersuchungen des Grundwassers	591
7.3.2.6	Untersuchungen der Bodenluft.....	597
7.3.3	Abschätzung und Bewertung des Gefährdungspotentials	598
7.3.3.1	Grenzwertproblematik.....	598
7.3.3.2	Bewertungsverfahren.....	599
7.4	Sanierungstechniken.....	600
7.4.1	Biologische Sanierungsverfahren.....	600
7.4.1.1	On-site-Verfahren.....	600
7.4.1.2	In-situ-Verfahren.....	602
7.4.2	Physikalisch-chemische Sanierungsverfahren.....	602
7.4.3	Thermische Verfahren.....	604
7.4.4	Hydraulische Maßnahmen.....	605
7.4.5	Bodenluftabsaugung.....	606
7.4.6	Passive Systeme	607
7.4.6.1	Permeable Reaktionswände	607
7.4.6.2	funnel-and-gate-System	609
7.4.7	Einkapselung.....	610
7.4.8	Immobilisierung und Verfestigung.....	612

8 Kostenbetrachtung von Abfallbehandlungsanlagen..... 613

8.1	Grundlagen des Wirtschaftlichkeitsvergleiches.....	613
8.2	Thermische Verfahren	613
8.2.1	Kapitalbedarf von Abfallverbrennungsanlagen.....	614
8.2.2	Betriebskosten von Abfallverbrennungsanlagen	615
8.2.3	Behandlungskosten verschiedener Thermischer Verfahren	616
8.2.4	Erlöse für Thermische Verfahren	617
8.3	Aufbereitungsverfahren	619
8.3.1	Anlagekapitalbedarf und Kosten einer Gewerbeabfallsortieranlage ..	619
8.3.2	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für Abbruch- und Aufbereitungsanlagen [8.4].....	620
8.3.2.1	Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen dem klassischen Abbruch und einem kontrollierten Rückbau.....	620
8.3.2.2	Wirtschaftlichkeit von Aufbereitungs- und Sortieranlagen für gebrauchte Baustoffe	624
8.3.2.3	Kostenwirksamkeit der getrennten Erfassung auf der Baustelle.....	629
8.3.3	Sortierkosten bei der getrennten Altpapiersammlung	631
8.3.4	Sortierkosten der DSD-Leichtverpackungen.....	632
8.3.5	Mechanisch-biologische Restabfallverfahren.....	633
8.3.5.1	Anlagekapitalbedarf und Kostenstruktur der MBA.....	635
8.3.5.2	Behandlungskosten der stoffstromspezifischen Restabfallbehandlung	639

8.3.6 Biologische Verfahren – Kompostierung und Vergärung	642
8.3.6.1 Anlagekapitalbedarf für Vergärungsanlagen	642
8.3.6.2 Anlagekapitalbedarf für Kompostierungsanlagen	645
8.3.6.3 Behandlungskosten für Vergärungsanlagen	645
8.3.6.4 Behandlungskosten für Kompostierungsanlagen.....	648
8.3.6.5 Kostenstrukturen ausgeführter Anlagen [8.6].....	650
8.3.6.6 Sensitivitätsanalyse [8.6].....	651
8.3.6.7 Kosten und Preise	652
8.3.7 Geordnete Deponie.....	654
8.3.7.1 Kapitalbedarf zur Errichtung einer Deponie.....	654
8.3.7.2 Kosten verschiedener Oberflächenabdichtungssysteme für Altdeponien	655
8.3.7.3 Kosten der Deponie	658
8.3.7.4 Kosten und finanzmathematische Grundlage der Nachsorge [8.18]	660
8.4 Vergleich der verschiedenen Entsorgungsverfahren.....	662
8.4.1 Reduktion der Restabfallmengen	663
8.4.2 Kostenvergleich der mechanisch-biologischen mit der thermischen Abfallbehandlung.....	664
9 Integrierte Entsorgungskonzepte, zukünftige Entwicklungen	667
9.1 Ziel des Entsorgungskonzeptes.....	668
9.2 Bestandsaufnahme (Ist-Zustand)	670
9.3 Bewertung von Entsorgungsmöglichkeiten und -verfahren	671
9.4 Abfallentsorgungskonzept (Soll-Zustand).....	672
9.5 Organisatorische, finanzielle und rechtliche Maßnahmen	674
9.6 Zukünftige Umsetzung von Abfallgebühren nach dem Wirklichkeitsmaßstab	675
9.6.1 Klassische Gebührensysteme	675
9.6.2 Modernes Gebührensystem	677
9.6.3 Verursachergerechte Abrechnung von Abfallgebühren in Großwohnanlagen	680
9.6.3.1 Technische Systeme und Abrechnungsmöglichkeiten.....	681
9.6.3.2 Erfahrungen aus den bisherigen Versuchen.....	683
Literatur.....	687
Sachverzeichnis.....	719