Inhaltsverzeichnis

1 Ursachen der Umweltprobleme ... 18

1.1 Eingrenzung der Umweltproblematik ... 18

1.2 Entwicklung der Erkenntnis über die Umweltproblematik ... 20

1.3 Umwelt„verbrauch“ an quantitativen Lebensgrundlagen ... 23

1.4 Umwelt„verschmutzung“ qualitativer Lebensgrundlagen ... 23

2 Naturwissenschaftliche Grundbegriffe ... 25

2.1 Chemisches Rechnen – Stöchiometrie ... 25

2.1.1 Stöchiometrische Größen und Formeln ... 25

2.1.2 Umrechnung von Stoff- und Gehaltsgrößen ... 28

2.1.3 Allgemeine Reaktionsbegriffe ... 30

2.2 Einführung in die Thermodynamik ... 32

2.2.1 Systeme und Zustandsgrößen ... 32

2.2.2 Erster Hauptsatz ... 33

2.2.3 Standard-Enthalpien ... 35

2.2.4 Zweiter Hauptsatz ... 37

2.3 Chemie und Physik des Wassers ... 39

2.3.1 Physikalische Eigenschaften ... 40

2.3.2 Chemische Eigenschaften ... 43

2.3.3 Autoprotolyse und pH-Wert ... 45

2.3.4 Härte und Leitfähigkeit ... 47

2.3.5 Löslichkeit ... 49

2.4 Mikrobiologie ... 53

2.4.1 Einteilung der Mikroorganismen ... 54

2.4.2 Bakterien ... 57

2.4.3 Pilze ... 60

2.4.4 Protozoen ... 60

2.4.5 Algen ... 62

2.4.6 Mehrzellige tierische und pflanzliche Formen ... 64

2.5 Kinetik chemischer und biochemischer Reaktionen ... 65

2.5.1 Reaktionen 0. Ordnung ... 66

2.5.2 Reaktionen 1. Ordnung ... 66

2.5.3 Reaktionen 2. Ordnung ... 68
2.5.4 Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit ... 68
2.5.5 Wachstum und Vermehrung von Mikroorganismen. 69
2.5.6 Wachstumsphasen ... 71

3 Einführung in das Umweltrecht ... 73

3.1 Allgemeines Umweltrecht ... 73
3.1.1 Rechtsquellen des Umweltrechts ... 73
3.1.2 Ziele und Grundprinzipien des Umweltrechts ... 73
3.1.3 Medialer und integrativer Umweltschutz ... 75
3.1.4 Allgemeine Umweltgesetze ... 75

3.2 Immissionsschutzrecht ... 77
3.2.1 Ziele und Grundbegriffe des BImSchG ... 77
3.2.2 Recht der genehmigungsbedürftigen Anlagen ... 78
3.2.3 Recht der nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen 81
3.2.4 Sonstige Instrumente des BImSchG ... 81

3.3 Gewässerschutzrecht ... 82
3.3.1 Ziele, Grundsätze und allgemeine Pflichten des WHG ... 82
3.3.2 Gestattung der Gewässerbenutzung ... 84
3.3.3 Abwasserrecht ... 86
3.3.4 Sonstige Instrumente des WHG ... 87

3.4 Bodenschutz- und Altlastenrecht ... 87
3.4.1 Zweck und Grundsätze des BBodSchG ... 88
3.4.2 Gefahrenabwehr- und Sanierungspflichten ... 89
3.4.3 Vorsorgepflicht ... 92
3.4.4 Sonstige Instrumente des Bodenschutzrechts ... 93

3.5 Kreislaufwirtschafts- und Abfallrecht ... 94
3.5.1 Ziele und Grundbegriffe des KrW-/AbfG ... 94
3.5.2 Grundsätze und Grundpflichten der Kreislaufwirtschaft ... 96
3.5.3 Grundsätze und Grundpflichten der Abfallbeseitigung ... 98
3.5.4 Das Recht der Abfallbeseitigungsanlagen ... 99

4 Umweltmanagement ... 100

4.1 Umweltbeziehungen von Unternehmen ... 100

4.2 Erfassen und Bewerten von Umweltbeeinflussungen in Ökobilanzen ... 102

4.2.1 Grundlagen der Stoff- und Energie-Bilanzierung 102
4.2.2 Komponenten der Ökobilanzierung 106
4.2.3 Prozess-Ökobilanzen und Module 107
4.2.4 Prozessverknüpfungen 108
4.2.5 Standort-, Unternehmens- und Organisations-Ökobilanzen 110
4.2.6 Produkt-Ökobilanzen 111
4.2.7 Bewertungsverfahren 112

4.3 Umweltmanagement-Elemente und -Systeme 114
4.3.1 Management 114
4.3.2 Betriebliche Umweltpolitik und Ist-Analyse 116
4.3.3 Umweltziele und Umweltprogramme 117
4.3.4 Organisation 117
4.3.5 Dokumentation 119
4.3.6 Audit (Umweltbetriebsprüfung) 119
4.3.7 Zertifizierung/Validierung in Umweltmanagement-Systemen 119

5 Risikoabschätzung und Grenzwerte 122

5.1 Definition des Risikos 122
5.1.1 Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses 122
5.1.2 Schadenswert als Folge eines Ereignisses 123
5.1.3 Begriffspaare 123
5.1.4 Mathematische Funktion zur Risikobewertung ... 124
5.1.5 Spezielle Risikoarten 124

5.2 Bestimmung der Risiken 125
5.2.1 Zweck der Risikobewertungen 125
5.2.2 Praxis der Risikobewertung 126
5.2.3 Subjektive Aspekte und äußere Faktoren bei der Bewertung von Risiken 127

5.3 Merkmale einer Entscheidung unter Risiko 127
5.3.1 Folgenbewertung 127
5.3.2 Entscheidungssituation 127
5.3.3 Erstellung eines Zielsystems 128
5.3.4 Prognose – Ereignisverlauf 129
5.3.5 Beurteilung von Strategien 130
5.3.6 Sensitivitätsanalyse 132

5.4 Grenzwerte 132

6 Wasserverschmutzung 139

6.1 Wasservorkommen und Wasserverbrauch 139

6.2 Wasserkreislauf ... 141
6.3 Limnologische Grundlagen ... 143
6.3.1 Grundwasser ... 143
6.3.2 Fließgewässer ... 145
6.3.3 Stehende Gewässer ... 147
6.4 Gewässereutrophierung ... 149
6.5 Gewässerversauerung ... 151
6.6 Gewässergüte ... 151
6.6.1 Kennwerte zur Einstufung der Gewässergüte ... 151
6.6.2 Gewässergütestufen ... 153

7 Bodenbelastungen ... 156
7.1 Bodenbestandteile und Bodenstruktur ... 156
7.2 Bodenfruchtbarkeit ... 163
7.3 Art und Menge von Stoffeinträgen ... 165
7.4 Verhalten und Wirkung der Bodenbelastung ... 170

8 Luftverschmutzung ... 176
8.1 Einteilung und Zusammensetzung der Atmosphäre ... 176
8.2 Grundbegriffe ... 177
8.2.1 Luftdruck ... 177
8.2.2 Luftfeuchtigkeit ... 178
8.2.3 Luftkeime ... 179
8.2.4 Emission, Transmission und Immission ... 179
8.3 Beschreibung der Luftschadstoffe ... 180
8.3.1 Kohlenstoffdioxid ... 180
8.3.2 Kohlenstoffmonoxid ... 181
8.3.3 Methan ... 181
8.3.4 Schwefeldioxid ... 182
8.3.5 Stickstoffoxide ... 183
8.3.6 Formaldehyd ... 184
8.3.7 Kohlenwasserstoffe ... 184
8.3.8 Halogenierte Kohlenwasserstoffe ... 185
8.3.9 Asbest ... 185
8.4 Treibhauseffekt ... 186
8.4.1 Natürlicher Treibhauseffekt ... 186
8.4.2 Anthropogener Treibhauseffekt ... 188
8.5 Ozonloch ... 189

9 Abfall ... 191
9.1 Abfallwirtschaftliche Grundlagen ... 191
9.2 Abfallaufkommen und Abfallströme ... 193
9.3 Sammlung und Aufbereitung des Abfalls ... 195

10 Lärm ... 200
10.1 Physikalische Größen ... 200
10.2 Geräusche als Lärm ... 203
10.3 Pegelmaße ... 204

11 Elektromagnetische Strahlung ... 206
11.1 Grundlagen zur elektromagnetischen Strahlung ... 206
11.2 Strahlung elektrotechnischer Einrichtungen (Elektrosmog) 208
11.3 UV-Strahlung ... 209
11.4 Ionisierende Strahlung ... 210
11.4.1 Natürliche Strahlung ... 211
11.4.2 Strahlenbelastung durch medizinische Anwendungen ... 212
11.4.3 Strahlenbelastung durch die Nutzung von Kernenergie und andere technische Anwendungen ionisierender Strahlen ... 213

12 Trinkwasseraufbereitung ... 216
12.1 Anforderungen an die Trinkwasserqualität ... 216
12.2 Aufbereitung von Trinkwasser ... 218
12.2.1 Gasaustausch ... 219
12.2.2 Enteisenung und Entmanganung ... 221
12.2.3 Filtration ... 223
12.2.4 Nitratreduktion ... 224
12.3 Desinfektion von Trinkwasser ... 227
12.3.1 Biologische Verfahren ... 227
12.3.2 Chemische Verfahren ... 227
12.3.3 Physikalische Verfahren ... 229
12.4 Korrosion in Trinkwassersystemen ... 230
13 Kommunale Abwasserreinigung ... 233
13.1 Einführung ... 233
13.2 Abwasserinhaltstoffe ... 234

13.2.1 Messgrößen zur Abwasserbeurteilung 235
13.2.2 Typische Abwasserparameter 237
13.3 Aufbau und Funktion einer Kläranlage 238
13.3.1 Mechanischer Anlagenteil 238
13.3.2 Biologischer Anlagenteil 241
13.3.3 Klärschlammbehandlung 243
13.3.4 Nachklärung 243
13.4 Phosphat- und Stickstoffeliminierung 244
13.4.1 Chemische Fällung 245
13.4.2 Biologische P-Eliminierung 246
13.4.3 Eliminierung von Stickstoffverbindungen 247
13.4.4 Biologische Nitrifikation 248
13.4.5 Biologische Denitrifikation 249
13.4.6 Verfahrenskonzepte 250
13.5 Alternative Verfahren 251

14 Industrielle Abwasserreinigung 254
14.1 Aerobe Verfahren 254
14.1.1 Blasensäulenreaktor 254
14.1.2 Schlaufenreaktor 256
14.1.3 Festbettreaktoren 258
14.2 Anaerobe Verfahren 258
14.2.1 Mikrobiologische Besonderheiten 259
14.2.2 Verfahrenstechnische Aspekte 261

15 Schlammbehandlung 264
15.1 Überblick und Kenngrößen von Klärschlämmen 264
15.2 Schlammmenge und Schlammbeschaffenheit 267
15.3 Verfahren zur Schlammstabilisierung 269
15.3.1 Anaerobe Stabilisierung 270
15.3.2 Aerobe Schlammstabilisierung 272
15.4 Schlammentwässerung 274
15.5 Schlammverwertung und -entsorgung 275

16 Altlastenprobleme und Bodenschutz 276
16.1 Einführung 276
16.2 Sanierungsziele 277
16.3 Gefährdungsabschätzung 278

16.4 Erkundung und Bewertung 280
16.5 Sanierungsstrategien 283

17 Sanierung von Altlasten 285
17.1 Überblick über Verfahren 285
17.2 Bodenluftabsaugung 287
17.3 Wasch- und Extraktionsverfahren 289
17.4 Thermische Verfahren 292
17.5 Biologische Verfahren 296

18 Staubabscheidung 298
18.1 Einführung 298
18.2 Massenkraftabscheider 300
18.3 Filternde Abscheider 303
18.4 Elektroabscheider 307
18.5 Mechanische Nassabscheider 309

19 Primärmaßnahmen bei der Verbrennung 312
19.1 Schadstoffbildung 312
19.2 Brennkammer und schadstoffarme Brenner 315
19.3 Trockenadditivverfahren 316
19.4 Wirbelschichtfeuerung 317

20 Thermische Abgasreinigung durch Oxidation und Reduktion 322
20.1 Oxidative Schadstoffumsetzung in Verbrennungsanlagen 322
20.2 Flammen-, thermische und katalytische Verbrennung .. 327
20.3 Grundlagen der reduktiven Abgasreinigung 334
20.4 Das SCR-Verfahren zur NO_X-Reduktion 335

21 Abgasreinigung durch Kondensation, Ab- und Adsorption 337
21.1 Theoretische Grundlagen 337
21.2 Absorber- und Adsorberbauarten 341
21.3 Verfahren zur Rauchgasentschwefelung 345

22 Biologische Abgasreinigung ... 350
22.1 Grundlagen ... 350
22.2 Einteilung der Verfahren ... 352
22.3 Biofilter ... 352
22.3.1 Funktionsprinzip ... 353
22.3.2 Allgemeine Parameter ... 354
22.3.3 Bauformen ... 355
22.3.4 Einsatzgebiete ... 356
22.4 Biowäscher ... 357
22.4.1 Funktionsprinzip ... 357
22.4.2 Wichtige Parameter ... 359
22.4.3 Bauformen ... 359
22.4.4 Einsatzgebiete ... 362
22.5 Membranbioreaktor ... 362
22.5.1 Funktionsprinzip ... 362
22.5.2 Bauform ... 363
22.5.3 Einsatzgebiete ... 365

23 Emissionsminderung bei Kraftfahrzeugen ... 366
23.1 Einleitung ... 366
23.2 Entstehung der Schadstoffe ... 366
23.2.1 Ottomotor ... 368
23.2.2 Dieselmotor ... 369
23.3 Gesetzliche Vorschriften ... 369
23.4 Maßnahmen zur Minderung des Schadstoffausstoßes ... 371
23.4.1 Ottomotor ... 371
23.4.2 Dieselmotor ... 372
23.5 Abgasnachbehandlung ... 373
23.5.1 Ottomotor ... 373
23.5.2 Dieselmotor ... 377
23.6 Kraftstoffe ... 380
23.7 Alternative Antriebe ... 380
23.8 Geräuschemissionen ... 381

24 Konzepte zur Abfallreduzierung ... 382
24.1 Primäre Maßnahmen ... 382
24.1.1 Haushalt ... 382
24.1.2 Industrie ... 384

24.2 Sekundäre Maßnahmen ... 388
24.2.1 Gewinnung von Wertstoffen (werkstoffliche Verwertung) ... 388
24.2.2 Gewinnung von Rohstoffen ... 396
24.2.3 Energetische Verwertung ... 396

25 Müllverbrennung ... 398
25.1 Anlagentechnik und Verfahrensvarianten ... 398
25.2 Rauchgasreinigung ... 403
25.2.1 Entstaubung ... 404
25.2.2 Abtrennung der sauren Schadgase ... 406
25.2.3 Entstickung ... 407
25.2.4 Entfernung von Dioxinen und Furanen ... 408
25.3 Rückstandsbeseitigung/Rückstandsbehandlung ... 409

26 Deponieren von Abfällen ... 411
26.1 Grundlagen der Deponietechnik/Deponien für Siedlungsabfall ... 411
26.2 Verschiedene Möglichkeiten der Klassifizierung von oberirdischen Deponien ... 416
26.3 Deponiegas und Sickerwasser ... 417
26.4 Deponien für Sonderabfall ... 420

27 Lärmschutz und Lärmvermeidung ... 422
27.1 Luftschallentstehung und primärer Schallschutz ... 422
27.2 Schallausbreitung im Freien ... 425
27.3 Schallausbreitung in Räumen ... 426
27.4 Sekundärer Schallschutz ... 428
27.4.1 Schallschirme ... 428
27.4.2 Schalldämpfer ... 429
27.4.3 Kapsel ... 432
27.5 Messung der Geräuschemission ... 432
27.6 Prognose der Lärmbelastung und Immissionsschutz ... 433

28 Energieeinsparung ... 436
28.1 Überblick ... 436
28.2 Wirtschaftlichkeit und Finanzierung ... 442

28.3 Wärmepumpen ... 447
28.4 Kraft-Wärme-Kopplung ... 450

29 Regenerative Energien ... 454
29.1 Überblick ... 454
29.2 Angebot an Solarenergie ... 458
29.3 Solarthermie ... 460
29.3.1 Energieumwandlung im Solarkollektor ... 461
29.3.2 Solaranlagen zur Brauchwassererwärmung und Raumheizung ... 463
29.3.3 Dimensionierung, Energieertrag und Wirtschaftlichkeit ... 465
29.4 Photovoltaik ... 468
29.4.1 Energieumwandlung in der Solarzelle und Anlagentechnik ... 468
29.4.2 Dimensionierung, Energieertrag und Wirtschaftlichkeit ... 471
29.5 Wasserkraft ... 472
29.5.1 Energieumwandlung mit Turbinen und Wasserrädern ... 473
29.5.2 Dimensionierung, Energieertrag und Wirtschaftlichkeit ... 474
29.6 Windkraft ... 475
29.6.1 Energieumwandlung an Rotorblättern ... 476
29.6.2 Dimensionierung, Energieertrag und Wirtschaftlichkeit ... 477
29.7 Biomasse ... 478
29.8 Geothermie ... 481
29.9 Beiträge zu einer künftigen Energieversorgung ... 482

LITERATUR ... 485

SACHWORTVERZEICHNIS ... 501