
Inhaltsverzeichnis

GRUNDLAGEN

1	Ursachen der Umweltprobleme	17
1.1	Eingrenzung der Umweltproblematik	18
1.2	Entwicklung der Erkenntnis über die Umweltproblematik	20
1.3	Umwelt, „verbrauch“ als quantitative Lebensgrundlagen	23
1.4	Umwelt, „verschmutzung“ als qualitative 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	74
3.1	Allgemeines Umweltrecht	74
3.1.1	Rechtsquellen des Umweltrechts	74
3.1.2	Ziele und Grundprinzipien des Umweltrechts	74
3.1.3	Medialer und integrativer Umweltschutz	76
3.1.4	Allgemeine Umweltgesetze	76
3.2	Immissionsschutzrecht	78
3.2.1	Ziele und Grundbegriffe des BImSchG	78
3.2.2	Recht der genehmigungsbedürftigen Anlagen	79
3.2.3	Recht der nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen	82
3.2.4	Sonstige Instrumente des BImSchG	82
3.3	Gewässerschutzrecht	83
3.3.1	Ziele, Grundsätze und allgemeine Pflichten des WHG	83
3.3.2	Gestattung der Gewässerbenutzung	85
3.3.3	Abwasserrecht	87
3.3.4	Sonstige Instrumente des WHG	88
3.4	Bodenschutz- und Altlastenrecht	88
3.4.1	Zweck und Grundsätze des BBodSchG	89
3.4.2	Gefahrenabwehr- und Sanierungspflichten	90
3.4.3	Vorsorgepflicht	93
3.4.4	Sonstige Instrumente des Bodenschutzrechts	94
3.5	Kreislaufwirtschafts- und Abfallrecht	95
3.5.1	Ziele und Grundbegriffe des KrW-/AbfG	95
3.5.2	Grundsätze und Grundpflichten der Kreislaufwirtschaft	97
3.5.3	Grundsätze und Grundpflichten der Abfallbeseitigung	99
3.5.4	Das Recht der Abfallbeseitigungsanlagen	100

4	Umweltmanagement	101
4.1	Umweltbeziehungen von Unternehmen.....	101
4.2	Erfassen stofflicher und energetischer Umweltbeeinflussungen.....	103
4.2.1	Grundlagen der Stoff- und Energie-Bilanzierung	103
4.2.2	Komponenten der Ökobilanzierung	107
4.2.3	Prozess-Ökobilanzen und Module.....	108
4.2.4	Prozessverknüpfungen.....	109
4.2.5	Standort-, Unternehmens- und Organisations- Ökobilanzen	111
4.2.6	Produkt-Ökobilanzen	112
4.2.7	Bewertungsverfahren	113
4.3	Handhabung betrieblicher Umweltbelange	115
4.3.1	Management	115
4.3.2	Betriebliche Umweltpolitik und Ist-Analyse	117
4.3.3	Umweltziele und Umweltprogramme	118
4.3.4	Organisation	118
4.3.5	Dokumentation	119
4.3.6	Audit (Umweltbetriebsprüfung).....	120
4.3.7	Zertifizierung/Validierung in Umweltmanagement-Systemen	120
5	Risikoabschätzung und Grenzwerte	123
5.1	Definition des Risikos	123
5.1.1	Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses	123
5.1.2	Schadenswert als Folge eines Ereignisses	124
5.1.3	Begriffspaare	124
5.1.4	Mathematische Funktion zur Risikobewertung... ..	125
5.1.5	Spezielle Risikoarten	125
5.2	Bestimmung der Risiken.....	126
5.2.1	Zweck der Risikobewertungen	126
5.2.2	Praxis der Risikobewertung.....	127
5.2.3	Subjektive Aspekte und äußere Faktoren bei der Bewertung von Risiken	128
5.3	Merkmale einer Entscheidung unter Risiko	128
5.3.1	Folgenbewertung.....	128
5.3.2	Entscheidungssituation	128
5.3.3	Erstellung eines Zielsystems	129
5.3.4	Prognose-Ereignisverlauf	130
5.3.5	Beurteilung von Strategien	131

5.3.6	Sensitivitätsanalyse	133
5.4	Grenzwerte	133

UMWELTSCHADSTOFFE

6	Wasserverschmutzung	140
6.1	Wasservorkommen und Wasserverbrauch	140
6.2	Wasserkreislauf	142
6.3	Limnologische Grundlagen	144
6.3.1	Grundwasser	144
6.3.2	Fließgewässer	146
6.3.3	Stehende Gewässer	148
6.4	Gewässereutrophierung	150
6.5	Gewässerversauerung	152
6.6	Gewässergüte	152
6.6.1	Kennwerte zur Einstufung der Gewässergüte ...	152
6.6.2	Gewässergütestufen	154
7	Bodenbelastungen	157
7.1	Bodenbestandteile und Bodenstruktur	157
7.2	Bodenfruchtbarkeit	164
7.3	Art und Menge von Stoffeinträgen	166
7.4	Verhalten und Wirkung der Bodenbelastung	171
8	Luftverschmutzung	177
8.1	Einteilung und Zusammensetzung der Atmosphäre	177
8.2	Grundbegriffe	178
8.2.1	Luftdruck	178
8.2.2	Luftfeuchtigkeit	179
8.2.3	Luftkeime	180
8.2.4	Emission, Transmission und Immission	180
8.3	Beschreibung der Luftschadstoffe	181
8.3.1	Kohlenstoffdioxid	181
8.3.2	Kohlenstoffmonoxid	182
8.3.3	Methan	182
8.3.4	Schwefeldioxid	183
8.3.5	Stickstoffoxide	184
8.3.6	Formaldehyd	185
8.3.7	Kohlenwasserstoffe	185

8.3.8	Halogenierte Kohlenwasserstoffe	186
8.3.9	Asbest	186
8.4	Treibhauseffekt	186
8.4.1	Natürlicher Treibhauseffekt	187
8.4.2	Anthropogener Treibhauseffekt	188
8.5	Ozonloch und FCKW	190
9	Abfall	192
9.1	Abfallwirtschaftliche Grundlagen	192
9.2	Abfallaufkommen und Abfallströme	194
9.3	Sammlung und Aufbereitung des Abfalls	195
10	Lärm	201
10.1	Physikalische Größen	201
10.2	Lärm	204
10.3	Pegelmaße	205
11	Elektromagnetische Strahlung	207
11.1	Physikalische Grundlagen	207
11.2	Die Strahlung elektrotechnischer Einrichtungen	208
11.3	Die UV-Strahlung	209
11.4	Die ionisierende Strahlung	210
11.4.1	Die natürliche Strahlung	212
11.4.2	Die Strahlenbelastung durch medizinische Anwendungen	213
11.4.3	Strahlenbelastung durch die Nutzung von Kernenergie und andere technische Anwendungen ionisierender Strahlen	214

UMWELTTECHNOLOGIEN

12	Trinkwasseraufbereitung	218
12.1	Anforderungen an die Trinkwasserqualität	218
12.2	Aufbereitung von Trinkwasser	220
12.2.1	Gasaustausch	221
12.2.2	Enteisung und Entmanganung	223
12.2.3	Filtration	225
12.2.4	Nitratreduktion	226
12.3	Desinfektion von Trinkwasser	229

12.3.1	Biologische Verfahren	229
12.3.2	Chemische Verfahren.....	229
12.3.3	Physikalische Verfahren.....	231
12.4	Korrosion in Trinkwassersystemen.....	232
13	Kommunale Abwasserreinigung	235
13.1	Einführung	235
13.2	Abwasserinhaltsstoffe.....	236
13.2.1	Messgrößen zur Abwasserbeurteilung	237
13.2.2	Typische Abwasserparameter	239
13.3	Aufbau und Funktion einer Kläranlage.....	240
13.3.1	Mechanischer Anlagenteil	240
13.3.2	Biologischer Anlagenteil	243
13.3.3	Klärschlammbehandlung	245
13.3.4	Nachklärung	245
13.4	Phosphat- und Stickstoffeliminierung	246
13.4.1	Chemische Fällung.....	247
13.4.2	Biologische P-Eliminierung.....	248
13.4.3	Eliminierung von Stickstoffverbindungen.....	249
13.4.4	Biologische Nitrifikation	250
13.4.5	Biologische Denitrifikation	251
13.4.6	Verfahrenskonzepte	252
13.5	Alternative Verfahren	253
14	Industrielle Abwasserreinigung	256
14.1	Aerobe Verfahren	256
14.1.1	Blasensäulenreaktor.....	256
14.1.2	Schlaufenreaktor	258
14.1.3	Festbettreaktoren	260
14.2	Anaerobe Verfahren	260
14.2.1	Mikrobiologische Besonderheiten.....	261
14.2.2	Verfahrenstechnische Aspekte.....	263
15	Schlammbehandlung	266
15.1	Überblick und Kenngrößen von Klärschlämmen.....	266
15.2	Schlammmenge und Schlammbeschaffenheit.....	269
15.3	Verfahren zur Schlammstabilisierung	271
15.3.1	Anaerobe Stabilisierung	272
15.3.2	Aerobe Schlammstabilisierung.....	274
15.4	Schlamm entwässerung	276
15.5	Schlammverwertung und -entsorgung.....	277

16	Altlastenprobleme und Bodenschutz	278
16.1	Einführung	278
16.2	Sanierungsziele	279
16.3	Gefährdungsabschätzung	280
16.4	Erkundung und Bewertung	282
16.5	Sanierungsstrategien	285
17	Sanierung von Altlasten	287
17.1	Überblick über Verfahren	287
17.2	Bodenluftabsaugung	289
17.3	Wasch- und Extraktionsverfahren	291
17.4	Thermische Verfahren	294
17.5	Biologische Verfahren	298
18	Staubabscheidung	300
18.1	Einführung	300
18.2	Massenkraftabscheider	302
18.3	Filternde Abscheider	305
18.4	Elektroabscheider	309
18.5	Mechanische Nassabscheider	311
19	Primärmaßnahmen bei der Verbrennung	314
19.1	Schadstoffbildung	314
19.2	Brennkammer und schadstoffarme Brenner	317
19.3	Trockenadditivverfahren	318
19.4	Wirbelschichtfeuerung	319
20	Thermische Abgasreinigung durch Oxidation und Reduktion	324
20.1	Oxidative Schadstoffumsetzung in Verbrennungsanlagen	324
20.2	Flammen-, thermische und katalytische Verbrennung	329
20.3	Grundlagen der reduktiven Abgasreinigung	336
20.4	Das SCR-Verfahren zur NO _x -Reduktion	337
21	Abgasreinigung durch Kondensation, Ab- und Adsorption	339
21.1	Theoretische Grundlagen	339
21.2	Absorber- und Adsorberbauarten	343
21.3	Verfahren zur Rauchgasentschwefelung	347

22	Biologische Abgasreinigung	352
22.1	Grundlagen	352
22.2	Einteilung der Verfahren	354
22.3	Biofilter	354
	22.3.1 Funktionsprinzip	355
	22.3.2 Allgemeine Parameter	356
	22.3.3 Bauformen	357
	22.3.4 Einsatzgebiete	358
22.4	Biowäscher	359
	22.4.1 Funktionsprinzip	359
	22.4.2 Wichtige Parameter	361
	22.4.3 Bauformen	361
	22.4.4 Einsatzgebiete	364
22.5	Membranbioreaktor	364
	22.5.1 Funktionsprinzip	364
	22.5.2 Bauform	365
	22.5.3 Einsatzgebiete	367
23	Emissionsminderung bei Kraftfahrzeugen	368
23.1	Einleitung	368
23.2	Entstehung der Schadstoffe	368
	23.2.1 Ottomotor	370
	23.2.2 Dieselmotor	371
23.3	Gesetzliche Vorschriften	371
23.4	Maßnahmen zur Minderung des Schadstoffausstoßes	372
	23.4.1 Ottomotor	373
	23.4.2 Dieselmotor	374
23.5	Abgasnachbehandlung	375
	23.5.1 Ottomotor	375
	23.5.2 Dieselmotor	379
23.6	Kraftstoffe	382
23.7	Alternative Antriebe	382
23.8	Geräuschemissionen	383
24	Konzepte zur Abfallreduzierung	384
24.1	Primäre Maßnahmen	384
	24.1.1 Haushalt	384
	24.1.2 Industrie	386
24.2	Sekundäre Maßnahmen	390
	24.2.1 Gewinnung von Wertstoffen (werkstoffliche Verwertung)	390

24.2.2	Gewinnung von Rohstoffen	398
24.2.3	Energetische Verwertung	398
25	Müllverbrennung	400
25.1	Anlagentechnik und Verfahrensvarianten	400
25.2	Rauchgasreinigung	405
25.2.1	Entstaubung	406
25.2.2	Abtrennung der sauren Schadgase	408
25.2.3	Entstickung	409
25.2.4	Entfernung von Dioxinen und Furanen	410
25.3	Rückstandseseitigung/Rückstandsbehandlung	411
26	Deponieren von Abfällen	413
26.1	Grundlagen der Deponietechnik/Deponien für Siedlungsabfall	413
26.2	Verschiedene Möglichkeiten der Klassifizierung von oberirdischen Deponien	418
26.3	Deponiegas und Sickerwasser	419
26.4	Deponien für Sonderabfall	422
27	Lärmschutz und Lärmvermeidung	424
27.1	Luftschallentstehung und primärer Schallschutz	424
27.2	Schallausbreitung im Freien	427
27.3	Schallausbreitung in Räumen	428
27.4	Sekundärer Schallschutz	430
27.4.1	Schallschirme	430
27.4.2	Schalldämpfer	431
27.4.3	Kapsel	434
27.5	Messung der Geräuschemission	435
27.6	Prognose der Lärmbelastung und Immissionsschutz ...	436
28	Energieeinsparung	438
28.1	Überblick	438
28.2	Wirtschaftlichkeit und Finanzierung	444
28.3	Wärmepumpen	449
28.4	Kraft-Wärme-Kopplung	453
29	Regenerative Energien	456
29.1	Überblick	456
29.2	Angebot an Solarenergie	460

29.3	Solarthermie	463
	29.3.1 Energieumwandlung im Solarkollektor	464
	29.3.2 Solaranlagen zur Brauchwassererwärmung und Raumheizung	466
	29.3.3 Dimensionierung, Energieertrag und Wirtschaftlichkeit	468
29.4	Photovoltaik	470
	29.4.1 Energieumwandlung in der Solarzelle und Anlagentechnik	471
	29.4.2 Dimensionierung, Energieertrag und Wirtschaftlichkeit	473
29.5	Wasserkraft	475
	29.5.1 Energieumwandlung mit Turbinen und Wasserrädern	476
	29.5.2 Dimensionierung, Energieertrag und Wirtschaftlichkeit	477
29.6	Windkraft	477
	29.6.1 Energieumwandlung an Rotorblättern	479
	29.6.2 Dimensionierung, Energieertrag und Wirtschaftlichkeit	480
29.7	Biomasse	480
29.8	Geothermie	483
29.9	Beiträge zu einer künftigen Energieversorgung	484
LITERATUR		489
SACHWORTVERZEICHNIS		504