

Inhalt

Vorwort	V
1 Ursachen der Umweltprobleme	1
1.1 Vorbemerkungen	1
1.2 Umweltprobleme unserer Zeit	2
1.2.1 Klimawandel	2
1.2.2 Wasserknappheit	4
1.2.3 Luftverschmutzung	4
1.2.4 Bodenerosion	5
1.2.5 Plastikmüll im Meer	6
1.2.6 Abholzung der Wälder	6
1.2.7 Welthunger	7
2 Physikalische Größen und Einheitensysteme	9
2.1 Größen und Größenarten	9
2.2 Größen- und Zahlenwertgleichungen	13
2.3 Zustandsgrößen und Prozessgrößen	14
2.4 Zustandsfunktionen	16
2.5 Gehalts- und Konzentrationsangaben	18
2.5.1 Massenanteil	19
2.5.2 Stoffmengenanteil	20
2.5.3 Volumenanteil	21
2.5.4 Massenkonzentration	21
2.5.5 Stoffmengenkonzentration	21
2.5.6 Volumenkonzentration	22

2.5.7	Molalität	22
2.5.8	Aktivität	22
2.6	Umrechnungen und Mischungsrechnung	23
2.7	Übungen	25
3	Statistische Grundbegriffe	27
3.1	Fehlerarten	27
3.1.1	Grobe Abweichung von Messwerten	28
3.1.2	Systematische Abweichung von Messwerten	28
3.1.3	Zufällige Abweichung von Messwerten	28
3.2	Darstellung von Messreihen	29
3.3	Erfassung der Messwertabweichung	34
3.3.1	Normalverteilung nach GAUSS	35
3.3.2	Standardabweichung	36
3.3.3	Vertrauensbereich	38
3.4	Fehlerfortpflanzung	39
3.4.1	Methode der oberen und unteren Grenze	40
3.4.2	GAUSSsche Fehlerfortpflanzung	41
3.4.3	Lineare Fehlerfortpflanzung	42
3.5	Grafische Auswertung von Messdaten	42
3.5.1	Lineare und nichtlineare Skalen	43
3.5.2	Anfertigung einer grafischen Darstellung	45
3.5.3	Grafische Auswertung linearer Zusammenhänge	45
3.6	Übung	49
4	Chemische Grundbegriffe	50
4.1	Stöchiometrie	50
4.1.1	Stöchiometrische Größen und Formeln	50
4.1.2	Umrechnung von Stoff- und Gehaltsgrößen	53
4.1.3	Allgemeine Reaktionsbegriffe	55
4.2	Einführung in die Thermodynamik	57
4.2.1	Systeme und Zustandsgrößen	57
4.2.2	Erster Hauptsatz	58

4.2.3	Standard-Enthalpien	60
4.2.4	Zweiter Hauptsatz	61
4.3	Chemie und Physik des Wassers	63
4.3.1	Physikalische Eigenschaften	64
4.3.2	Chemische Eigenschaften	66
4.3.3	Autoprotolyse und pH-Wert	69
4.3.4	Härte und Leitfähigkeit	71
4.3.5	Löslichkeit	72
4.4	Übungen	76
5	Mikrobiologische und biochemische Grundbegriffe	79
5.1	Einteilung der Mikroorganismen	79
5.1.1	Bakterien	82
5.1.2	Pilze	85
5.1.3	Protozoen	85
5.1.4	Algen	87
5.1.5	Mehrzellige tierische und pflanzliche Formen	88
5.2	Kinetik biochemischer Reaktionen	89
5.2.1	Reaktionen 0. Ordnung	90
5.2.2	Reaktionen 1. Ordnung	91
5.2.3	Reaktionen 2. Ordnung	92
5.2.4	Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	93
5.3	Wachstum und Vermehrung von Mikroorganismen	93
5.4	Wachstumsphasen	95
6	Umwelt und Gesundheit	98
6.1	Risikoabschätzung	99
6.1.1	Qualitative Risikoabschätzung	100
6.1.2	Quantitative Risikoabschätzung	102
6.2	Risikobewertung – Risk Assessment	105
6.3	Beurteilungshilfen für das gesundheitliche Risiko von Umwelt- und Arbeitsplatznoxen	107
6.4	Übung	111

7	Umweltmanagement	114
7.1	Umweltbeziehungen von Unternehmen	114
7.2	Erfassen und Bewerten von Umweltbeeinflussungen in Ökobilanzen	116
7.2.1	Grundlagen der Stoff- und Energie-Bilanzierung	116
7.2.2	Komponenten der Ökobilanzierung	120
7.2.3	Prozess-Ökobilanzen und Module	121
7.2.4	Prozessverknüpfungen	122
7.2.5	Standort-, Unternehmens- und Organisations-Ökobilanzen	124
7.2.6	Produkt-Ökobilanzen	124
7.2.7	Bewertungsverfahren	126
7.3	Elemente und -Systeme des Umweltmanagements	128
7.3.1	Management	128
7.3.2	Betriebliche Umweltpolitik und Ist-Analyse	129
7.3.3	Umweltziele und Umweltprogramme	130
7.3.4	Organisation	131
7.3.5	Dokumentation	132
7.3.6	Audit (Umweltbetriebsprüfung)	132
7.3.7	Zertifizierung/Validierung in Umweltmanagementsystemen	133
8	Einführung in das Umweltrecht	136
8.1	Allgemeines Umweltrecht	136
8.1.1	Rechtsquellen des Umweltrechts	136
8.1.2	Ziele und Grundprinzipien des Umweltrechts	137
8.1.3	Medialer und integrativer Umweltschutz	138
8.1.4	Allgemeine Umweltgesetze	139
8.2	Immissionsschutzrecht	141
8.2.1	Ziele und Grundbegriffe des BImSchG	141
8.2.2	Recht der genehmigungsbedürftigen Anlagen	142
8.2.3	Recht der nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen	144
8.2.4	Sonstige Instrumente des BImSchG	145
8.3	Gewässerschutzrecht	146
8.3.1	Ziele, Grundsätze und allgemeine Pflichten des WHG	146
8.3.2	Erlaubnis und Bewilligung der Gewässerbenutzung	148
8.3.3	Abwasserrecht	150

8.3.4	Sonstige Instrumente des WHG	151
8.4	Bodenschutz- und Altlastenrecht	152
8.4.1	Zweck und Grundsätze des BBodSchG	153
8.4.2	Gefahrenabwehr- und Sanierungspflichten	154
8.4.3	Vorsorgepflicht	156
8.4.4	Sonstige Instrumente des Bodenschutzrechts	157
8.5	Kreislaufwirtschafts- und Abfallrecht	158
8.5.1	Ziele und Grundbegriffe des KrWG	158
8.5.2	Grundsätze und Grundpflichten der Kreislaufwirtschaft	160
8.5.3	Grundsätze und Grundpflichten der Abfallbeseitigung	163
8.5.4	Das Recht der Abfallbeseitigungsanlagen	164
8.6	Klimaschutzrecht	165
8.6.1	Völkerrechtliche Grundlagen	166
8.6.2	Europarechtliche Regelungen	167
8.6.3	Nationales Recht	168
8.7	Emissionshandelsrecht	169
8.7.1	Europäischer Emissionshandel	170
8.7.2	Nationaler Brennstoffemissionshandel	172
8.8	Übungen	174
9	Wasserverschmutzung	176
9.1	Wasservorkommen und Wasserverbrauch	176
9.2	Wasserkreislauf	178
9.3	Limnologische Grundlagen	180
9.3.1	Grundwasser	180
9.3.2	Fließgewässer	182
9.3.3	Stehende Gewässer	183
9.4	Gewässereutrophierung	185
9.5	Gewässerversauerung	187
9.6	Gewässergüte	188
9.6.1	Kennwerte zur Einstufung der Gewässergüte	188
9.6.2	Gewässergütestufen	189
9.7	Übungen	191

10	Boden und anthropogene Einwirkungen	193
10.1	Bodenbestandteile und Bodenstruktur	193
10.2	Bodenfunktion/Bodenfruchtbarkeit	200
10.3	Art und Menge von Stoffeinträgen	202
10.4	Verhalten und Wirkung der Bodenbelastung	210
11	Luftverschmutzung	215
11.1	Einteilung der Atmosphäre	215
11.2	Grundbegriffe	216
11.2.1	Luftdruck	216
11.2.2	Luftfeuchtigkeit	217
11.2.3	Luftkeime	218
11.2.4	Emission, Transmission und Immission	218
11.3	Beschreibung der Luftschadstoffe	219
11.3.1	Kohlenstoffdioxid	219
11.3.2	Kohlenstoffmonoxid	220
11.3.3	Methan	221
11.3.4	Schwefeldioxid	221
11.3.5	Stickstoffoxid	222
11.3.6	Formaldehyd	223
11.3.7	Kohlenwasserstoff	223
11.3.8	Halogener Kohlenwasserstoff	224
11.3.9	Asbest	224
11.4	Treibhauseffekt	225
11.4.1	Natürlicher Treibhauseffekt	225
11.4.2	Anthropogener Treibhauseffekt	226
11.5	Ozonloch	227
12	Lärm- und Strahlenbelastung	230
12.1	Lärm	230
12.2	Schall	230
12.2.1	Physikalische Grundlagen	230
12.2.2	Biologische und medizinische Grundlagen	238
12.2.3	Gesundheitliche Auswirkungen	239

12.3	Umwelt- oder Umgebungslärm	242
12.4	Strahlenbelastung	245
12.4.1	Elektromagnetische Felder	245
12.4.2	Nicht-ionisierende Strahlung	247
12.4.3	Ionisierende Strahlung	252
12.4.3.1	Natürliche (ionisierende) Strahlenquellen	254
12.4.3.2	Zivile Strahlenquellen	255
12.4.4	Strahlenschutz	257
12.5	Übungen	259
13	Trinkwasseraufbereitung	264
13.1	Anforderungen an die Trinkwasserqualität	264
13.2	Aufbereitung von Trinkwasser	267
13.2.1	Gasaustausch	268
13.2.2	Enteisenung und Entmanganung	269
13.2.3	Filtration	271
13.2.4	Nitratreduktion	273
13.3	Desinfektion von Trinkwasser	275
13.3.1	Biologische Verfahren	275
13.3.2	Chemische Verfahren	275
13.3.3	Physikalische Verfahren	277
13.4	Korrosion in Trinkwassersystemen	278
14	Kommunale Abwasserreinigung	280
14.1	Einführung	280
14.2	Abwasserinhaltsstoffe	281
14.2.1	Messgrößen zur Abwasserbeurteilung	282
14.2.2	Typische Abwasserparameter	284
14.3	Aufbau und Funktion einer Kläranlage	285
14.3.1	Mechanischer Anlagenteil	286
14.3.2	Biologischer Anlagenteil	287
14.3.3	Klärschlammbehandlung	289
14.3.4	Nachklärung	290
14.4	Phosphat- und Stickstoffeliminierung	290

14.4.1	Chemische Fällung	292
14.4.2	Biologische P-Eliminierung	293
14.4.3	Eliminierung von Stickstoffverbindungen	293
14.4.4	Biologische Nitrifikation	294
14.4.5	Biologische Denitrifikation	296
14.4.6	Verfahrenskonzepte	296
14.5	Alternative Verfahren	298
15	Industrielle Abwasserreinigung	301
15.1	Aerobe Verfahren	301
15.1.1	Blasensäulenreaktor	301
15.1.2	Schlaufenreaktor	303
15.1.3	Festbettreaktoren	305
15.2	Anaerobe Verfahren	306
15.2.1	Mikrobiologische Besonderheiten	306
15.2.2	Verfahrenstechnische Aspekte	308
16	Schlammbehandlung	310
16.1	Überblick und Kenngrößen von Klärschlämmen	310
16.2	Schlammmenge und Schlammbeschaffenheit	313
16.3	Verfahren zur Schlammstabilisierung	315
16.3.1	Anaerobe Schlammstabilisierung	315
16.3.2	Aerobe Schlammstabilisierung	317
16.4	Schlammmentwässerung	319
16.5	Schlammverwertung und -entsorgung	321
17	Sanierung von Altlasten	322
17.1	Einführung	322
17.2	Sicherungsmaßnahmen	324
17.3	Dekontaminationsmaßnahmen	326
17.3.1	Biologische Verfahren	326
17.3.2	Chemisch-physikalische Verfahren	329
17.3.3	Thermische Verfahren	332
17.3.4	Aktive und passive hydraulische Verfahren	336

17.3.5	Aktive pneumatische Verfahren	337
17.4	Fragen	339
18	Thermische und mechanische Abgasreinigung	342
18.1	Staubabscheidung	343
18.1.1	Filternde Abscheider	345
18.1.2	Massenkraftabscheider	348
18.1.3	Elektroabscheider	351
18.1.4	Mechanische Nassabscheider	353
18.2	Absorption	355
18.2.1	Physikalische Absorption	356
18.2.2	Chemische Absorption	357
18.2.3	Rauchgasentschwefelung	358
18.2.4	Apparaturen	362
18.3	Adsorption	363
18.3.1	Apparaturen	365
18.4	Kondensation	366
18.5	Thermische Abgasreinigung	367
18.5.1	Oxidative thermische Abgasreinigung	368
18.5.2	Reduktive thermische Abgasreinigung	372
18.5.3	Das SCR-Verfahren zur NO _x -Reduktion	373
18.6	Flammen-, thermische und katalytische Verbrennung	374
18.7	Fragen	380
19	Biologische Abgasreinigung	383
19.1	Grundlagen	383
19.2	Einteilung der Verfahren	385
19.3	Biofilter	385
19.3.1	Funktionsprinzip	386
19.3.2	Verfahrensparameter	387
19.3.3	Bauformen	389
19.3.4	Einsatzgebiete	390
19.4	Biowäscher	391
19.4.1	Funktionsprinzip	391

19.4.2	Verfahrensparameter	392
19.4.3	Bauformen	393
19.4.4	Einsatzgebiete	395
19.5	Membranbioreaktor	395
19.5.1	Funktionsprinzip	396
19.5.2	Bauform	397
19.5.3	Einsatzgebiete	398
20	Lärmschutz und Lärmvermeidung	399
20.1	Luftschallentstehung und primärer Schallschutz	399
20.2	Schallausbreitung im Freien	402
20.3	Schallausbreitung in Räumen	403
20.4	Sekundärer Schallschutz	405
20.4.1	Schallschirme	405
20.4.2	Schalldämpfer	406
20.4.3	Kapsel	408
20.5	Messung der Geräuschemission	408
20.6	Prognose der Lärmbelastung und Immissionsschutz	409
20.7	Übungen	411
21	Konzept zur Abfallvermeidung	414
21.1	Einführung	414
21.2	Siedlungsabfälle	416
21.2.1	Kunststoffe, Verpackungen	418
21.2.2	Textilabfälle	421
21.2.3	Wiederverwendung	423
21.3	Industrieabfälle	424
21.4	Metallabfälle	426
21.4.1	Eisen und Stahl	427
21.4.2	Nichteisenmetall am Beispiel Aluminium	428
21.5	Elektronikschrott	429
21.6	Bau- und Abbruchabfälle	432
21.7	Fragen	433

22	Abfallrecycling	437
22.1	Einführung	437
22.2	Glasrecycling	440
22.3	Papierrecycling	441
22.4	Metallrecycling	443
22.4.1	Eisen und Stahl	444
22.4.2	Nichteisenmetalle am Beispiel Aluminium	445
22.4.3	Elektroschrott	445
22.5	Batterierecycling	446
22.6	Textilrecycling	447
22.7	Bau- und Abbruchabfallrecycling	450
22.8	Kunststoffrecycling	452
22.9	Recycling von biogenem Abfall	456
22.10	Fragen	457
23	Deponieren von Abfällen	460
23.1	Grundlagen der Deponietechnik/Deponien für Siedlungsabfall	460
23.2	Deponiegas und Sickerwasser	466
24	Müllverbrennung	471
24.1	Anlagentechnik und Verfahrensvarianten	471
24.2	Rauchgasreinigung	476
24.2.1	Entstaubung	477
24.2.2	Abtrennung der sauren Schadgase	479
24.2.3	Entstickung	480
24.2.4	Entfernung von Dioxinen und Furanen	481
24.3	Rückstandseseitigung/Rückstandsbehandlung	482
25	Energieeinsparung	484
25.1	Überblick	484
25.2	Wirtschaftlichkeit und Finanzierung	490
25.3	Wärmepumpen	494
25.4	Kraft-Wärme-Kopplung	497

26	Regenerative Energien	501
26.1	Überblick	501
26.2	Angebot an Solarenergie	504
26.3	Solarthermie	507
26.3.1	Energieumwandlung im Solarkollektor	507
26.3.2	Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und Raumheizung	509
26.3.3	Dimensionierung, Energieertrag und Wirtschaftlichkeit	511
26.4	Photovoltaik	512
26.4.1	Energieumwandlung in der Solarzelle und Anlagentechnik	513
26.4.2	Dimensionierung, Energieertrag und Wirtschaftlichkeit	515
26.5	Wasserkraft	516
26.5.1	Energieumwandlung mit Turbinen und Wasserrädern	517
26.5.2	Dimensionierung, Energieertrag und Wirtschaftlichkeit	518
26.6	Windkraft	519
26.6.1	Energieumwandlung an Rotorblättern	521
26.6.2	Dimensionierung, Energieertrag und Wirtschaftlichkeit	521
26.7	Biomasse	522
26.8	Geothermie	524
26.9	Beiträge zu einer künftigen Energieversorgung	525
	Stichwortverzeichnis	529