

Claus Bliefert

Umweltchemie

Zweite, erweiterte Auflage

 **WILEY-VCH**

Weinheim · New York · Chichester · Brisbane · Singapore · Toronto

Inhalt

Teil I Umwelt, Stoffe

1	Umweltchemie, Chemie der Umwelt	3
1.1	Vorbemerkungen	3
1.1.1	Zum Begriff „Umwelt“	3
1.1.2	Systeme	4
1.1.3	Mensch und Umwelt	5
1.1.4	Umweltbelastung und -verschmutzung	6
1.2	Umweltchemie	6
1.3	Historisches	7
1.3.1	Luftverunreinigungen	7
1.3.2	Wasserverunreinigungen	8
1.3.3	Verunreinigungen durch die Industrie	8
1.3.4	Arbeitsschutz, Berufsrisiko	9
1.3.5	Umweltbelastung durch landwirtschaftliche Nutzung	10
1.4	Umweltbewußtsein	10
1.5	Bevölkerungsexplosion	13
2	Entstehung und Aufbau der Erde	16
2.1	Entstehung der Elemente	16
2.2	Entstehung der Atmosphäre	18
2.2.1	Entwicklung der Atmosphäre	18
2.2.2	Photosynthese, Atmung und Gärung	21
2.3	Chemische Evolution	24
2.4	Aufbau der Erde	25
2.4.1	Vorbemerkungen	25
2.4.2	Erdinneres, Erdrinde	25
2.4.3	Aufbau der Atmosphäre	27
2.5	Globale Stoffkreisläufe	31
2.6	Rohstoff- und Energievorräte	34
3	Stoffe in der Umwelt	37
3.1	Grundbegriffe	37
3.2	Physikalische und chemische Eigenschaften	43
3.2.1	Bedeutung für die Umwelt	43
3.2.2	Temperatur, Dampfdruck	44
3.2.3	Löslichkeit, Verteilung	45
3.2.4	Flammpunkt	45
3.3	Produktionsmengen	47
3.4	Anwendung	49
3.5	Transport, Dispersion	49



3.6	Persistenz 52
3.7	Abbaubarkeit 52
3.8	Anreicherung 53
3.8.1	Vorbemerkungen 53
3.8.2	Biologische Anreicherung 54
3.8.3	Bioakkumulationsfaktor 56
3.8.4	1-Octanol/Wasser-Verteilungskoeffizient 57
3.9	Schadwirkungen 58
3.10	Geruchsbelästigung 61
4	Umweltschutz 63
4.1	Vorbemerkungen 63
4.2	Produktionsintegrierter und additiver Umweltschutz 64
4.3	Einsparen von Rohstoffen und Energie 68
4.4	Ökobilanzen 71
4.5	Nachhaltige Entwicklung, Verantwortliches Handeln 76
5	Umweltrecht 79
5.1	Rechtskenntnisse bei Naturwissenschaftlern und Ingenieuren 79
5.2	Ziele der Umweltgesetzgebung 79
5.3	Gesetze, Rechtsverordnungen, Verwaltungsvorschriften, Technische Regeln 80
5.3.1	Rechtsvorschriften 80
5.3.2	Bestimmte und unbestimmte Rechtsbegriffe 82
5.3.3	EU-Richtlinien und -Verordnungen 83
5.4	Struktur und Prinzipien des Umweltrechts 85
5.4.1	Vorbemerkungen 85
5.4.2	Vorsorgeprinzip 85
5.4.3	Verursacherprinzip, Gemeinlastprinzip 86
5.4.4	Kooperationsprinzip 87
5.5	Instrumente des Umweltrechts 87
5.6	Überblick 89
6	Chemikaliengesetz, Gefahrstoffverordnung, Gefahrgutgesetz 90
6.1	Chemikaliengesetz 90
6.1.1	Allgemeines 90
6.1.2	Alter Stoff, neuer Stoff, Gefahrstoff 91
6.2	Gefahrstoffverordnung 93
6.3	MAK-, TRK-, BAT- und MIK-Wert 97
6.3.1	MAK-Wert 97
6.3.2	TRK-Wert 99
6.3.3	BAT-Wert 99
6.3.4	MIK-Wert 100
6.4	Gefahrgutgesetz 102

Teil II Luft

7	Die Lufthülle der Erde	113
7.1	Vorbemerkungen	113
7.1.1	Bedeutung der Atmosphäre	113
7.1.2	Atmosphärenchemie	114
7.2	Zusammensetzung und Eigenschaften der Atmosphäre	114
7.2.1	Zusammensetzung der Atmosphäre	114
7.2.2	Luftqualität	116
7.2.3	Ubiquitäre Stoffe	119
7.2.4	Durchmischungszeit, Lebensdauer	120
7.2.5	Quellen	123
7.2.6	Emission, Transmission und Deposition	124
7.2.7	Natürliche Quellen	127
7.2.8	Senken	128
7.3	Schäden durch Luftverunreinigungen	128
7.3.1	Allgemeines	128
7.3.2	Innenraumluft	132
7.4	Grundlagen der Photochemie	136
7.4.1	Photochemische Reaktionen	136
7.4.2	Photolyse	139
7.4.3	Photoionisation	141
7.5	OH-Radikale in der Troposphäre	141
8	Kohlendioxid	144
8.1	Eigenschaften	144
8.2	Quellen und Senken, Kohlenstoffkreislauf	145
8.2.1	Quellen und Senken	145
8.2.2	Kohlenstoffkreislauf	149
8.3	Änderungen des CO ₂ -Gehalts in der Atmosphäre	150
8.4	Spurengase und Klima	153
8.4.1	Treibhauseffekt	153
8.4.2	Klimaänderung	156
9	Kohlenmonoxid	159
9.1	Eigenschaften	159
9.2	Quellen und Senken	160
9.2.1	Quellen	160
9.2.2	Senken	161
9.3	Wirkungen beim Menschen	163
10	Schwefelverbindungen	166
10.1	Eigenschaften, Verwendung	166
10.2	Quellen und Senken, Schwefelkreislauf	167
10.3	Wirkungen	170
10.3.1	London-Smog	170
10.3.2	Wirkung von Schwefeldioxid auf Lebewesen	171
10.3.3	Schwefeldioxid und Sachgüter	172
10.4	Saurer Regen, neuartige Waldschäden	172

10.4.1	Saurer Regen 172
10.4.2	Oxidationsreaktionen 173
10.4.3	Neuartige Waldschäden 175
11	Oxide des Stickstoffs 178
11.1	Eigenschaften 178
11.1.1	Überblick 178
11.1.2	Brennstoff-, thermisches und promptes NO 180
11.1.3	Stickstoffkreislauf 180
11.2	Distickstoffmonoxid 182
11.3	NO_x : Gleichgewicht, Quellen, Senken 184
11.3.1	NO- NO_2 -Gleichgewicht 184
11.3.2	Quellen und Senken für NO_x 185
11.4	Einfluß von NO_x auf Lebewesen 189
12	Flüchtige organische Verbindungen 190
12.1	Überblick 190
12.2	Methan 191
12.2.1	Quellen 191
12.2.2	Senken 194
12.3	Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe 195
12.4	Photooxidantien 196
12.4.1	Vorbemerkungen 196
12.4.2	Eigenschaften 196
12.4.3	Vorkommen, Quellen und Senken von Ozon 197
12.4.4	Inversionswetterlagen 199
12.4.5	Los-Angeles-Smog 200
12.4.6	Reaktionsablauf 201
12.4.7	Ozon fern von den Quellen 204
12.4.8	Wirkungen, Schäden 205
12.5	Automobilabgase 206
12.5.1	Zusammensetzung 206
12.5.2	Emissionen, Belastungen 207
12.5.3	Abgasreinigung, katalytische Nachverbrennung 208
12.5.4	Ersatzstoffe für Benzin 212
13	Ozon in der Stratosphäre 214
13.1	Vorkommen und Eigenschaften 214
13.2	Der Chapman-Zyklus 216
13.3	Katalytischer Ozonabbau 217
13.3.1	Vorbemerkungen 217
13.3.2	Katalytischer ClO_x -Zyklus 218
13.3.3	Weitere Zyklen 219
13.4	Ozonloch 221
13.4.1	Beschreibung 221
13.4.2	Ursachen 223
13.4.3	Schäden durch Ozon, UV-Strahlung 225
13.5	FCKW, CKW, Halone 227

13.5.1	Eigenschaften, Verwendung, Ozonzerstörungspotential	227
13.5.2	FCKW-Ersatzstoffe	230
14	Aerosole	233
14.1	Bedeutung	233
14.2	Quellen, Eigenschaften	235
14.3	Umwandlungen	237
14.4	Zusammensetzung	238
14.5	Größe, Lebensdauer, Verteilung	240
14.6	Einfluß auf den Menschen	241
14.7	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	243
14.8	Tabakrauch	245
14.9	Asbeste	248
14.9.1	Eigenschaften, Verwendung	248
14.9.2	Gesundheitsrisiken, Rechtliches	249
15	Immissionsschutzrecht	251
15.1	Allgemeines, Begriffe, Aufbau	251
15.2	Anlagenbezogener Immissionsschutz	252
15.3	Produkt- und gebietsbezogener Immissionsschutz	254
15.4	Störfallverordnung	255
15.5	TA Luft	256

Literatur zu Teil II 258

Teil III Wasser

16	Wasser: Grundlagen	269
16.1	Bedeutung und Eigenschaften	269
16.1.1	Bedeutung	269
16.1.2	Physikalische Eigenschaften	271
16.2	Säure-Base-Reaktionen	272
16.2.1	Vorbemerkungen, Begriffe	272
16.2.2	Näherungsweise pH-Wert-Berechnung	275
16.3	Offene und geschlossene Systeme	276
16.3.1	Vorbemerkungen	276
16.3.2	Offenes System, keine chemische Reaktion mit Wasser	276
16.3.3	Offenes System, chemische Reaktion mit Wasser	278
16.4	Fällung von Hydroxiden	280
16.5	Flockung	282
17	Wasserkreislauf, Wasserbelastungen	284
17.1	Wassermengen, Wasserkreislauf	284
17.2	Natürliche Gewässer, Ozeane	286
17.3	Wasserbelastungen	288
17.3.1	Nährstoffe	288
17.3.2	Salze, Schwermetalle	289

17.3.3	Selbstreinigung	290
17.3.4	Sauerstoffgehalt	291
17.4	Bewertung wassergefährdender Stoffe	293
17.4.1	Wassergefährdende Stoffe	293
17.4.2	Biotests	294
17.4.3	Chemischer Sauerstoffbedarf	294
17.4.4	Biochemischer Sauerstoffbedarf	296
17.4.5	Einwohnergleichwert	298
17.4.6	AOX und TOC	299
17.4.7	Gewässergüteklassen	300
18	Spezielle Wasserbelastungen	302
18.1	Wasch- und Reinigungsmittel	302
18.1.1	Vorbemerkungen	302
18.1.2	Waschaktive Substanzen (Tenside)	303
18.1.3	Gerüststoffe	306
18.2	Polychlorierte Dibenzodioxine, Dibenzofurane und Biphenyle	307
18.2.1	Chlorchemie	307
18.2.2	Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane	309
18.2.3	Polychlorierte Biphenyle	312
18.3	Öl	313
18.3.1	Entstehung, Wirkungen	313
18.3.2	Schadensbehebung, Abbau	314
18.3.3	Altöl	315
19	Trinkwassergewinnung und Abwasserreinigung	316
19.1	Trinkwasser	316
19.1.1	Wasserbedarf	316
19.1.2	Anforderungen, Gewinnung	317
19.1.3	Wasserhärte	317
19.1.4	Wasserenthärtung, Wasserentsalzung	319
19.2	Abwasser	320
19.3	Reinigung kommunaler Abwässer	321
19.3.1	Mechanische und biologische Abwasserreinigung	321
19.3.2	Chemische Abwasserreinigung	323
19.3.3	Entkeimung von Trinkwasser	324
19.3.4	Nitrat	325
19.3.5	Phosphat	327
19.4	Behandlung und Beseitigung von Klärschlamm	327
20	Gewässerschutzrecht	330
20.1	Übersicht	330
20.2	Wasserhaushaltsgesetz	332
20.3	Abwasserabgabengesetz	334
20.4	Wasch- und Reinigungsmittelgesetz	335

Literatur zu Teil III 337

Teil IV Boden

- 21 Boden: Grundlagen** 343
- 21.1 Zusammensetzung 343
 - 21.1.1 Bodenbestandteile 334
 - 21.1.2 Humus und Huminstoffe 345
 - 21.1.3 Tonminerale 347
 - 21.1.4 Bodenlebewesen 347
 - 21.2 Bedeutung, Funktionen 348
 - 21.3 Verwitterung, Erosion 351
 - 21.3.1 Verwitterung 351
 - 21.3.2 Erosion 352
 - 21.4 Düngemittel 353
 - 21.4.1 Nährstoffe 353
 - 21.4.2 Stickstoff 354
 - 21.4.3 Phosphor 355
 - 21.4.4 Düngung 356
- 22 Bodenbelastungen** 359
- 22.1 Schadstoffe im Boden 359
 - 22.2 Bodenversauerung 361
 - 22.2.1 Boden und pH-Wert 361
 - 22.2.2 Der Boden als Puffer 362
 - 22.3 Pestizide 364
 - 22.3.1 Übersicht 364
 - 22.3.2 DDT 365
- 23 Schwermetalle** 369
- 23.1 Allgemeines 369
 - 23.1.1 Bedeutung, Vorkommen 369
 - 23.1.2 Emissionen von Metallen, Kreisläufe 372
 - 23.1.3 Persistenz von Metallen 374
 - 23.1.4 Schwermetalle und Pflanzen 376
 - 23.2 Quecksilber 378
 - 23.2.1 Eigenschaften, Verwendung, Quellen 378
 - 23.2.2 Giftwirkung, ökologische Wirkungen 379
 - 23.3 Blei 382
 - 23.3.1 Eigenschaften, Verwendung 382
 - 23.3.2 Quellen 383
 - 23.3.3 Giftwirkung, ökologische Wirkungen 384
 - 23.4 Cadmium 386
 - 23.4.1 Eigenschaften, Verwendung, Quellen 386
 - 23.4.2 Giftwirkung, ökologische Wirkungen 387
- 24 Altlasten** 389
- 24.1 Allgemeines 389
 - 24.2 Bewertung 390
 - 24.3 Sicherung und Sanierung 392
- 25 Bodenschutzrecht** 396

Literatur zu Teil IV 398

Teil V Abfall

- 26 Abfall: Überblick** 405
26.1 Abfälle 405
26.2 Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle 408
26.3 Abfälle aus Industrie und Gewerbe 409
26.4 Abfallarten und -schlüssel 411
- 27 Hausmüll** 413
27.1 Deponien 413
27.2 Deponiegas, Biogas 414
27.3 Deponieklassen 417
27.4 Verbrennung 419
- 28 Recycling** 421
28.1 Begriffe 421
28.2 Möglichkeiten, Grenzen 423
28.3 Baustoffe 428
- 29 Sonderabfall** 431
29.1 Begriffe 431
29.2 Thermische Behandlung, Sonderabfalldeponien 433
29.2.1 Vorbemerkungen 433
29.2.2 Verbrennung 434
29.2.3 Andere thermische Verfahren 434
29.2.4 Sonderabfalldeponien 435
29.3 Abfallbeseitigung auf See 436
- 30 Abfallrecht** 438
30.1 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz 438
30.2 Abfallverordnungen und Abfallverwaltungsvorschriften 440

Literatur zu Teil V 443

Anhang

- Anhang A Gehaltsangaben für Gase 449
Anhang B Gesetze, Verordnungen, Vorschriften 452
Anhang C Quellen von Abbildungen und Tabellen 462

Register 467