

Inhalt

Vorwort zur deutschen Ausgabe	XI
Vorwort der Autoren	XIII
I. Grundlagen	1
1. Einführung	3
1.1 Umweltverschmutzung in der modernen Welt	4
1.2 Umweltverschmutzung definiert	7
Zitierte Literatur	17
Weiterführende Literatur zu den Themengebieten dieses Buches	17
2. Transport und Verhalten von Schadstoffen in der Umwelt	23
2.1 Ein Grundmodell der Schadstoffausbreitung	23
2.2 Die Quellen der Schadstoffe	23
2.3 Die Schadstoffe	26
2.3.1 Schadstoffe mit hoher Priorität	26
2.3.2 Pestizide	27
2.3.3 Schadstoffbelastung von Innenräumen	28
2.4 Die Transportmedien	29
2.5 Schadstofftransport in der Luft	30
2.6 Schadstofftransport im Wasser	37
2.6.1 Nitrat als Belastungsstoff im Wasser	39
2.6.2 Biochemische Vorgänge im Wasser	39
2.6.3 Abhängigkeit der Stofffracht von der Wassermenge	41
2.7 Das Verhalten der Schadstoffe im Boden	44
2.7.1 Die Zusammensetzung und die physikalisch-chemischen Eigenschaften von Böden	44
2.7.2 Kationen- und Anionenadsorption in Böden	46
2.7.3 Adsorption und Zersetzung von organischen Schadstoffen	48
2.8 Abschließende Bemerkungen	51
Zitierte Literatur	51

3. Die Gefährdung von Mensch und Umwelt durch Schadstoffe – Einschätzung, Grenzwerte und gesetzliche Regelungen	53
3.1 Grundprinzipien der Toxikologie	53
3.2 Die Auswirkungen von Schadstoffen auf Tiere und Pflanzen	56
3.2.1 Die Auswirkungen von Schadstoffen auf den Menschen und auf andere Säugetiere	56
3.2.2 Teratogenese, Mutagenese, Carcinogenese und Störungen des Immunsystems	57
3.2.3 Ökotoxikologie	59
3.2.4 Einschätzung der Gefährlichkeit von Umweltschadstoffen	60
3.3 Gesetzliche Regelungen – das deutsche Schadstoffrecht	61
3.3.1 Gefahrstoffrecht	62
3.3.2 Regelungen für Schadstoffe im Wasser	64
3.3.3 Regelungen für Luftschadstoffe	67
3.3.4 Regelungen im Bereich Abfall/Boden (mit internationalem Vergleich)	69
3.3.5 Perspektiven im deutschen Schadstoffrecht	78
3.4 Erweiterte Bedeutung von Grenzwerten	81
Zitierte Literatur	83
4. Analyse und Überwachung von Schadstoffen	87
4.1 Chromatographie	87
4.2 Dünnschichtchromatographie (DC)	88
4.2.1 Trennung von Pestizidgemischen	89
4.2.2 Auftrennung von Metallkationen	89
4.3 Gaschromatographie (GC)	90
4.3.1 Nachweis der eluierten Substanzen	93
4.3.2 Einige theoretische Überlegungen	95
4.3.3 Optimierung der Trennleistung	97
4.3.4 Kapillarsäulen für die Gaschromatographie	98
4.3.5 Analyse schadstoffbelasteter Stadtluft	98
4.3.6 Massenspektrometrische Analyse	100
4.4 Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC)	105
4.4.1 Komponenten eines HPLC-Systems	106
4.4.2 Detektoren	107
4.4.3 Luftanalytik	110
4.4.4 Wasseranalytik	112
4.4.5 Anreicherung und nachfolgende GC-Analyse	113
4.5 Der Nachweis von Schwermetallbelastungen und die Technik der Atomabsorptionsspektroskopie	114
4.5.1 Historisches	114
4.5.2 Die grundlegende Theorie der Atomabsorption und -emission	115
4.5.3 Das Lambert-Beersche Gesetz	116
4.5.4 Instrumenteller Aufbau	117
4.5.5 Interferenzen	118

4.5.6	Probenvorbereitung	120
4.5.7	Präzision und Genauigkeit der Messung	120
4.5.8	Graphitrohrfen-AAS	121
4.6	Plasmabrenner und die Atomemissionsspektroskopie	122
4.7	Qualitätssicherung in der Analytik	124
4.8	Umweltüberwachung (Umweltmonitoring)	125
4.8.1	Einführung	125
4.8.2	Emissionsüberwachung	126
	Zitierte Literatur	131
II.	Die Schadstoffe	133
5.	Anorganische Schadstoffe	135
5.1	Ozon	135
5.1.1	Historisches	135
5.1.2	Bildung	135
5.1.3	Physikalische Eigenschaften und Struktur	135
5.1.4	Die Ozonschicht	136
5.1.5	Störungen des natürlichen Gleichgewichts	137
5.1.6	Die Chemie der FCKW in der Stratosphäre	138
5.1.7	Kontrollmaßnahmen	139
5.1.8	Ozon in der Troposphäre	140
5.1.9	Tageszeitliche Schwankungen der Ozonkonzentration	141
5.1.10	Toxizität	141
5.2	Oxide von Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel	142
5.2.1	Kohlendioxid	142
5.2.2	Stickstoffoxide	150
5.2.3	Schwefeloxide	155
5.3	Schwermetalle	165
5.3.1	Allgemeine Eigenschaften	165
5.3.2	Biochemische Eigenschaften von Schwermetallen	165
5.3.3	Quellen für Schwermetalle	167
5.3.4	Betroffene Umweltmedien	174
5.3.5	Das Verhalten der Schwermetalle in der Umwelt	175
5.3.6	Toxische Wirkungen von Schwermetallen	179
5.3.7	Analysemethoden	180
5.3.8	Beispiele bestimmter Schwermetalle	181
5.4	Leichtmetalle und andere anorganische Schadstoffe	185
5.4.1	Aluminium	185
5.4.2	Beryllium	186
5.4.3	Fluor	187
5.5	Radionuklide	188
5.5.1	Geschichte	188
5.5.2	Formen radioaktiver Strahlung	189
5.5.3	Energieeinheiten und Messung der Strahlenbelastung	190

VIII Inhalt

5.5.4	Radioaktives Kalium	191
5.5.5	Die Produktion von künstlichen Radionukliden	191
5.5.6	Kernspaltung	192
5.5.7	Emissionen von Radionukliden	194
5.5.8	Beobachtungen bei größeren Unfällen	195
5.5.9	Radioaktivität in Gebäuden	199
5.5.10	Gesellschaftliche Aspekte der Erzeugung von Atomstrom	200
5.5.11	Stromerzeugung durch Kernfusion	200
5.6	Mineralfasern und Mineralstäube	202
5.6.1	Allgemeine Aspekte	202
5.6.2	Analyse	203
5.6.3	Beispiele für mineralische Schadstoffe	203
	Zitierte Literatur	205
6.	Organische Schadstoffe	209
6.1	Rauch	209
6.2	Methan und andere Kohlenwasserstoffe – Kohle und Erdöl als Emissionsquellen	212
6.2.1	Die Bildung von Kohle	212
6.2.2	Erdöl	213
6.2.3	Methan	215
6.2.4	Höhere Alkane	216
6.2.5	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	218
6.3	Organische Lösungsmittel	223
6.3.1	Klebstoffe	224
6.3.2	Anstriche und Druckfarben	225
6.3.3	Aerosolsprays	226
6.3.4	Metallreinigung	226
6.3.5	Chemische Textilreinigung	227
6.3.6	Lösungsmitteltoxikologie	228
6.3.7	Organische Chlorverbindungen	229
6.3.8	Detergentien	230
6.3.9	Schadstoffe in Innenräumen	233
6.4	Organische Halogenverbindungen: Pestizide, polychlorierte Biphenyle und Dioxine	234
6.4.1	Historisches	234
6.4.2	Herstellung organischer Chlorverbindungen	234
6.4.3	DDT (Dichlordiphenyltrichlorethan)	235
6.4.4	Lindan (Hexachlorcyclohexan, γ -HCH)	236
6.4.5	Einige andere chlorierte Pestizide	237
6.4.6	Organische Chlorherbizide	238
6.4.7	Toxische Auswirkungen von Insektiziden	239
6.4.8	Kontrolle des Pestizideinsatzes	242
6.4.9	Vinylchlorid und Polyvinylchlorid	242
6.4.10	Polychlorierte Biphenyle (PCB)	244
6.4.11	Toxische Substanzen in Herbiziden	248

6.4.12 Stoffwechsel aromatischer Chlorverbindungen	253
6.4.13 Beseitigung organischer Chlorverbindungen	254
6.4.14 Mikrobielle Zersetzung	255
6.5 Natürliche Pestizide, organische Phosphor- und Carbamatpestizide	255
6.5.1 Natürlich vorkommende Pestizide	256
6.5.2 Organophosphorpestizide	259
6.5.3 Carbamatpestizide	264
6.6 Gerüche	265
6.6.1 Wichtige Eigenschaften von Gerüchen	266
6.6.2 Methoden der Kontrolle von Geruchsemissionen	267
6.6.3 Maßnahmen zur Vermeidung von Gerüchen	267
Zitierte Literatur	267
III. Erfassung und Behandlung von Schadstoffbelastungen	271
(von Ulrich Förstner)	
7. Grundwasserverschmutzung	273
7.1 Chemische und biologische Prozesse im Grundwasser	274
7.1.1 Wechselwirkungen zwischen gelösten und festen Phasen	274
7.1.2 Verhalten verschiedener Wasserinhaltsstoffe im Untergrund	275
7.1.3 Biologische Umsetzungen im oberen Grundwasserbereich	277
7.1.4 Mobilisierung von Metallen aus kontaminierten Feststoffen	278
7.1.5 Schadstofftransport durch Kolloide im Grundwasser	280
7.2 Organische Schadstoffe im Grundwasser	282
7.2.1 Grundwassergängigkeit von organischen Schadstoffen	282
7.2.2 Überlagerung von Diffusion und Konvektion	286
7.2.3 Ausbreitungsvorgänge im natürlichen Untergrund	288
7.2.4 Pflanzenschutzmittel im Grundwasser	289
7.3 Schwermetalle und Salze im Grundwasser	289
7.3.1 Schwermetalle in Deponiesickerwässern	291
7.3.2 Schwermetalle bei der Untergrundpassage von Oberflächenwasser	294
7.3.3 Erhöhte Salz- und Nitratgehalte im Grundwasser	299
7.4 Versauerung von Böden und Grundwasser	302
7.4.1 Durchbruch der Säurelast ins Grundwasser unter Waldböden	303
7.4.2 Metallmobilisierung durch geänderte Bodennutzung	305
7.5 Frühwarnsysteme für Veränderungen der Grundwasserqualität	307
7.5.1 Grundlagen für Systementwicklungen	308
7.5.2 Frühwarnsysteme für den Grundwasserbereich	309
7.5.3 Integriertes umweltchemisches Frühwarnsystem	310
Zitierte Literatur	312

X	Inhalt	
8.	Behandlung von schadstoffhaltigen Wässern, Feststoffen und Abgasen	317
8.1	Behandlung von Oberflächen- und Grundwässern	317
8.1.1	Belastungs- und Schadstoffe	317
8.1.2	Abfolge von Behandlungsstufen	319
8.1.3	Entfernung von Schwermetallen	320
8.2	Behandlung von Abwasser	321
8.2.1	Stickstoff und Phosphor	322
8.2.2	Entfernung von Schwermetallen aus Abwässern	325
8.2.3	Behandlung von Abwässern mit organischen Schadstoffen	327
8.3	Behandlung von Abgasen	327
8.3.1	Staubabscheidung	328
8.3.2	Gasreinigungsverfahren	330
8.3.3	Stickoxidreduktion und Entschwefelung von Kraftwerksemissionen	331
8.3.4	Abwasser- und Abgasreinigung in Müllverbrennungsanlagen	334
8.4	Behandlung von festen Abfällen	335
8.4.1	Behandlung halogenorganischer Abfälle	336
8.4.2	Schadstoffentfrachtung des Hausmülls	337
8.4.3	Schadstoffe in Deponiesickerwässern – künftige Anforderungen an Deponien	337
8.4.4	Thermische Restmüllbehandlung – Schadstoffemissionen	339
8.4.5	Nachbehandlung von Filterstäuben	340
8.5	Behandlung kontaminierter Böden	342
8.5.1	Mikrobiologische Verfahren	345
8.5.2	Chemische Verfahren	346
8.5.3	Thermische Behandlung	346
8.6	Ingenieurgeochemische Behandlungsmethoden	347
8.7	Schadstoffreduktion durch Abfallvermeidung und Energiesparen	351
8.7.1	Vermeidung von Rückständen	352
8.7.2	Einsparung von Energie	353
8.7.3	Regenerative Energien	354
	Zitierte Literatur	358
Index		361