

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 1

Kapitel 1 Stoff-Kreisläufe

1.1 Geochemische Kreisläufe

- A. Umweltbereiche 2
- B. Endogener und exogener Stoff-Kreislauf 2
- C. Geologischer Stoff-Kreislauf 4
- D. Krusten-Ozean-Maschine 4
- E. Die Erde als biogeochemische Fabrik 6

1.2 Kohlenstoff-Kreislauf

- A. Mineralisierung und Biosynthese 8

1.3 Stickstoff-Kreislauf

- A. Globaler Stickstoff-Kreislauf 10
- B. Anthropogene Einflüsse 10
- C. Ammonifikation, Nitrifikation und Denitrifikation 12

1.4 Schwefel-Kreislauf

- A. Globaler Schwefel-Kreislauf 14
- B. Biochemischer Schwefel-Kreislauf 14
- C. Umweltchemisch relevante Schwefel-Verbindungen 16
- D. Emissionen und Umwandlungen 16

Kapitel 2 Atmosphäre

2.1 Physikalisch-chemische Vorgänge

- A. Globale Energiebilanz 30
- B. Aufbau der Atmosphäre 30
- C. Physikalisch-chemische Grundvorgänge 32
- D. Kastenmodell der Atmosphärenchemie 32
- E. Kopplung von Kohlenstoff- und Sauerstoff-Kreislauf 34
- F. Rolle des Kohlenstoffdioxids 34
- G. Allgemeines Verhalten atmosphärischer Spurenstoffe 36

1.5 Phosphor-Kreislauf

- A. Globaler Phosphor-Kreislauf 18
- B. Biogeochemischer Phosphor-Kreislauf 18

1.6 Metall-Kreisläufe

- A. Globaler anthropogener Kreislauf 20
- B. Geochemischer Kreislauf 20
- C. Biogeochemischer Kreislauf 20

1.7 Spezielle Kreisläufe

- A. Kreislauf von Umweltchemikalien 22
- B. Kopplung der Kreisläufe von C, S, P, N und O 24
- C. Bakterielle und biochemische Kreisläufe in Sedimenten eines Sees 24
- D. Anthropogen bedingte, flächenbezogene Stoff-Flüsse 26
- E. Stoff-Kreislauf mit Übergängen zur Umwelt 26
- F. Ökologisch orientierter Stoff-Kreislauf 28

- H. Kreislauf der atmosphärischen Aerosolpartikel 36

2.2 Ökologische Photochemie

- A. Chemie und Photochemie 38
- B. Emission und Deposition bei verschiedenen Wetterlagen 38
- C. Katalytische Kreisläufe der atmosphärischen Ozon-Chemie 40
- D. Ozon - Bildung und Abbau 42
- E. Ozon und die katalytischen NO_x -Zyklen 42
- F. Photochemie des OH-Radikals 44

- G. Schema der katalytischen HO_x-Zyklen 44
 - H. Schema der atmosphärischen Halogen-Photochemie 46
 - I. Globaler atmosphärischer Chlor-Zyklus 46
 - J. Schema des katalytischen ClO_x-Kreislaufs 46
 - K. Spaltung von Chlorfluormethanen 46
- 2.3 Luftverschmutzungen durch Verbrennung**
- A. Quellen der Luftverschmutzung 48
 - B. Quantifizierung der Luftschadstoffe nach Herkunft 48
 - C. Emissionen aus Vegetationsbränden 48
 - D. Stickstoffoxid – Entstehung und Minderung 50
- 2.4 Anthropogene Schadstoffe und ihre Wirkungen**
- A. Anthropogene Emissionen 1984 in Deutschland (West) 52
 - B. Immissionen in Bodennähe 52
 - C. Schadstoffströme bei der Müllverbrennung 54
 - D. Abfallverbrennung in Deutschland 54
 - E. Säurebildung aus NO_x und SO₂ 56
 - F. Luftverschmutzungen als Streßfaktoren des Ökosystems Wald 56
- G. Abscheidung von Feinstäuben im menschlichen Atemtrakt 58
 - H. Angriffsorte im Atemtrakt in Abhängigkeit von der Wasserlöslichkeit 58
 - I. Wirkungen von CO im Blut 58
 - K. Schadstoffquellen in Wohn- und Arbeitsräumen 60
- 2.5 Prinzipien der Luftreinhaltung**
- A. Technologien der Abluftreinigung 62
 - B. Vergleich verschiedener Staubabscheidungssysteme 64
 - C. Thermischer Abbau organischer Stoffe 64
 - D. Bildung und thermischer Abbau chlorierter Dibenzodioxine und -furane 64
 - E. Kombinationsverfahren zur Abgasreinigung 66
 - F. Katalytische NO_x-Reduktion 66
 - G. Entschwefelungsverfahren 66
 - H. Simultanverfahren zur Abgasentschwefelung und -entstickung 68
 - I. Adsorptionsanlage zur Lösungsmittelrückgewinnung 68
 - J. Aufbau einer biologischen Gaswäsche 68
 - K. Autoabgase und deren Reinigung 70
 - L. Deponiegase und deren schadstoffarme Verbrennung 72

Kapitel 3 Hydrosphäre

3.1 Wasser-Kreislauf der Erde

- A. Der hydrologische Kreislauf 74
 - B. Kastenmodell der Gewässerchemie 74
 - C. Volumenmäßige Verteilung des Wassers 74
 - D. Quantitativer Wasserhaushalt der Erde 76
 - E. Mittlere Wasserbilanz in Deutschland 76
 - F. Wechselwirkungen zwischen Wasser und Land 78
- G. Nahrungsnetz und Stoff-Kreislauf in Gewässern 80
 - H. Quantifizierter Stoff-Kreislauf im offenen Meer 80
 - I. Wasser-Kreislauf mit anthropogenen Einflüssen 82
 - J. Wasser-Kreislauf im Wirkungsfeld Wasser – Boden – Vegetation 82
 - K. pH-pE-Diagramme mit Einfluß der Atmosphäre 84
 - L. Kohlenstoff-Spezies im Kreislauf von Gewässern 84

3.2 Chemie in Gewässern

- A. Gleichgewichts-Diagramme einiger Molekül/Ionen-Systeme 86
- B. Carbonat-Spezies in Regenwasser 86
- C. Ca^{2+} und HCO_3^- -Ionen in Flüssen 86
- D. Löslichkeiten von Aluminium-Spezies 88
- E. Speziesverteilung der Al-Hydroxo-Komplexe 88
- F. Gleichgewichte zwischen Nitrat- und Ammonium-Ionen 88
- G. Umwandlung von Ammonium in Fließgewässern 88
- H. pE-pH-Diagramm für Eisen-Spezies 90
- I. Konzentrations-pE-Diagramme für Chlor-Spezies 90
- J. Genese des Regenwassers 92
- K. Wege emittierter Säurebildner und Wirkungen bei Tieren im Wasser 92
- L. Emission und Transportprozesse von Metallspuren in Flußbetten 94
- M. Kreisläufe und Reaktionen von Metallen in Gewässern 94
- N. Reaktionen von Metall-Ionen in der Wassersäule eines Sees 96
- O. Existenzbereiche von Metall-, Aquo-, Hydroxo- und Oxo-Komplexen 96

3.3 Verfahren der Trinkwasseraufbereitung

- A. Donauwasseraufbereitung zur Verwendung als Trinkwasser 98
- B. Klassische Verfahren der Trinkwasseraufbereitung 100
- C. Elektrodialyse in einer Dreikammerzelle 100
- D. Wasserentsalzung durch Umkehrosmose 100

3.4 Grundlagen der Abwasserchemie und -reinigung

- A. Kommunales Klärwerk als Direkt-einleiter 102
- B. Schema einer mechanisch-biologischen Kläranlage 102
- C. Zusammensetzung von Abwasser und dessen mögliche Behandlung 104
- D. Schwankungen in der Abwassermenge einer Stadt 104
- E. Biochemischer Sauerstoff-Bedarf (BSB) 104
- F. Anaerober Abbau organischer Stoffe 106
- G. Grundlagen anaerober Reinigungsverfahren 106
- H. Zur Kinetik von Flockung und Filtration 108
- I. Wirksamkeit von Chemikalien in der Wassertechnologie 108
- J. Fällungs-pH-Bereiche von Metallen 110
- K. Abwasserreinigungsanlage mit Phosphat-Fällung 110
- L. Schlammabgabe und BSB 112
- M. Sauerstoff-Verbrauch für Stoffwechselvorgänge 112
- N. Phosphat-Eliminationen 112
- O. Stickstoff-Umwandlungen bei der Abwasserreinigung 114
- P. Verfahren der Denitrifikation 114
- Q. Abwasserbehandlung in der metallverarbeitenden (Automobil-) Industrie 116
- R. Mechanisch-biologisch-chemische Kläranlage mit Schlammbehandlung 116

Kapitel 4 Boden**4.1 Grundlagen der Bodenkunde**

- A. Der Boden im Umfeld von Litho-, Hydro- und Atmosphäre 118
- B. Die litho-, bio-, atmo- und hydrosphärischen Anteile 118
- C. Wechselbeziehungen zwischen Gesteinsarten 120
- D. Gesteinsarten 120
- E. Körnungsklassen von Böden 122
- F. Krümelstrukturen des Bodens 122

- G. Bodenhorizonte 124
- H. Die vier physikalischen Zustände des Bodens 124

4.2 Physikalisch- und biogeochemische Vorgänge

- A. Bodenfunktionen 126
- B. Bodenbestandteile 126
- C. Zusammensetzung eines Ackerbodens 126
- D. Beziehung zwischen Wasserspannung und Wassergehalt 128
- E. Wasser-, Luft- und Substanzvolumen in Abhängigkeit von der Bodenart 128
- F. Sauerstoff- und Kohlenstoffdioxid-Gehalt der Bodenluft 128
- G. Bildung, Umwandlung und Zerfall von Tonmineralen 130
- H. Elementaranordnung in einem Zweibzw. Dreischicht-Tonmineral 130
- I. Strukturtypen von Silicaten 130
- J. Verwitterung des Kalifeldspates zum Tonmineral 132
- K. Tonminerale als polyfunktionelle Austauschere 132
- L. Diagenese und Humifizierung 134
- M. Boden und Humus 134
- N. Biogenese von Huminstoffen 136
- O. Aufbau von Huminstoffen 138
- P. Strukturmuster eines Huminstoff-Systems 138
- Q. Dynamische Vorgänge in Böden 140
- R. Verwitterung und Gasaustausch 140

4.3 Metalle und saurer Regen

- A. Kalium-Dynamik im Boden 142
- B. Bilanzschema für Schwermetalle in der Bodendeckschicht 142
- C. Boden-pH-Wert und Metallaufnahme 142
- D. Verfrachtung und Wirkung von Tausalzen 144
- E. Transportwege des Bleis 144
- F. Entwicklung der Blei-Immission im Schwebstaub 146

- G. Häufigkeitsverteilungen von Blei und Cadmium in Gartenböden 146
- H. Normierte Blei-Gehalte in der Umgebung eines Buntmetallemit-tenten im Bodenhorizont A_p 148
- I. Schwermetallanreicherungen 148
- J. Verhalten von Schwermetallen im Boden 150
- K. Mobilisierung von Schwermetallen 152
- L. Deposition „saurer Regen“ 154
- M. Einfluß des sauren Regens auf das Ökosystem Wald 154
- N. Vorgänge im Boden 154
- O. Saurer Regen als Ursache neuartiger Waldschäden 156
- P. Auswirkung saurer Immissionen am Kölner Dom 158

4.4 Organische Kontaminanten

- A. Beispiel eines belasteten Industriegeländes 160
- B. Verhalten von Schadstoffen im Boden 162
- C. Verteilung von chlorierten Kohlenwasserstoffen in der Bodenluft 162
- D. Verhalten von Pestizid-Wirkstoffen im Boden 162
- E. Anteile bestimmbarer Stoffe in belasteten Böden 164
- F. Summenkurven des Sauerstoff-Verbrauchs ölkontaminierter Böden 164

4.5 Verfahren der Bodensanierung

- A. Emissionspfade einer Altlast 166
- B. Bodenreinigungsverfahren 166
- C. Gegenstromextraktion mit Lösungsmitteln 168
- D. Thermische Altlastensanierung 168
- E. Biologische Altlastensanierung 170
- F. Sanierung von kontaminiertem Grundwasser und von Bodenluft 170

4.6 Chemie und Technik in Deponien

- A. Aufbau einer Deponie 172

- B. Grundwasser-Gefährdungsquellen im Umfeld einer Deponie 172
- C. Entwicklung von Müllvolumen und Zusammensetzung 172
- D. Anaerobe Abbauprozesse in Deponien 174
- E. Grundfließbild einer Müllvergärungsanlage 176
- F. Entsorgung und Nutzung von Deponiegas 176

Kapitel 5 Umweltchemie ausgewählter Xenobiotika und Schwermetalle

5.1 Schadstoffpfade, Nahrungsketten und Stoffeigenschaften

- A. Schadstoffpfade in Ökosystemen 178
- B. Grundlagen der Schadstoffverteilung und -umwandlung 178
- C. Nahrungskette und Energiefluß 180
- D. Nahrungspyramide 180
- E. Nahrungskettengeflecht 180
- F. Stoffeigenschaften und Umweltverhalten 182
- G. Ökochemische Stoffeigenschaften 184
- H. Grundlegende Prozesse beim Stoffaustausch zwischen Atmosphäre und Meer 184

5.2 Allgemeine Abbauewege

- A. Reaktionsenthalpien für Abbaureaktionen von Biomasse 186
- B. Reduktive (anaerobe) Reaktionen von Xenobiotika 186
- C. Bakterieller Abbau von Aromaten 188
- D. Abbau aromatischer Nitro-Verbindungen 188

5.3 Kohlenwasserstoffe: PAK und PCB

- A. Entstehung chlorierter Verbindungen bei Verbrennungsvorgängen 190
- B. Abbau von Alkanen in der Troposphäre 190
- C. Mechanismen des PAK-Abbaus bei Prokaryonten und Eukaryonten 192
- D. Eliminierungspfade beim biologischen Abbau von PAK im Boden 192

- E. Verteilungsmöglichkeiten von polychlorierten Biphenylen (PCB) 194
- F. Bioakkumulation von PCB 194
- G. Abbau von PCB 194

5.4 Dibenzodioxine und -furane

- A. Dioxin-Quellen und -Pfade 196
- B. Verunreinigungen von Chlorphenol-Handelsprodukten 196
- C. Chemische Strukturformeln und Toxizitätsäquivalente 198
- D. Entstehung und Aufnahme durch den Menschen 198

5.5 Pestizide und Tenside

- A. Verhalten von Pestiziden im Boden 200
- B. Persistenz von Pestiziden in Böden 200
- C. Biotischer Abbau von Ethenbisthiocarbamaten 200
- D. Parathion-Abbau im Körper eines Rindes 202
- E. Mikrobieller Parathion-Abbau 202
- F. Abbau von aromatischen stickstoffhaltigen Herbiziden 204
- G. Abbau eines linearen Alkylbenzolsulfonates (Tensids) 204

5.6 Schwermetalle und ihre Spezies

- A. Schwermetallspezies in natürlichen Gewässern 206
- B. Konzentration und Wirkung 206
- C. Chrom-Spezies in Gerbereiabwässern 206
- D. Quecksilber-Spinne: Anwendungen und Wirkungen 208
- E. Umweltchemie des Quecksilbers 208

F. Ökochemische Reaktionen des Arsens 210

G. Umwandlungen von Arsen-Spezies im Meer 210

Kapitel 6 Problem- und wirkungsbezogene Umweltanalytik

6.1 Umweltanalytik – Strategien und Konzepte

- A. Mobile Vor-Ort-Analytik 212
- B. Schnelltestverfahren 212
- C. Konzeptionelle Umweltanalytik 214
- D. Gefährdungsabschätzung in der Altlastenuntersuchung 216
- E. Gewässeruntersuchungen im Bereich von Deponien 218
- F. Strategien zur Analytik kontaminierter Böden 220
- G. Leuchtbakterientest zur wirkungsbezogenen Schadstoffanalytik 222
- H. Schema zur Pestizid-Analytik in Umweltproben 224
- I. Moderne Probenvorbereitung für PCB-kontaminierte Böden 224
- J. Analysenverfahren für Kohlenwasserstoffe und PAK in Böden 226
- K. Probenaufarbeitung und Bestimmung von Pestiziden 226

6.2 Ökotoxikologische Konzepte zur Gefährlichkeitsbewertung

- A. Schema zur Schnelleinstufung von Chemikalien 228
- B. Zum Umweltgefährdungsprofil 230
- C. Expositionsanalyse nach dem Fugazitätätsmodell „Unit World“ 232
- D. Auswertung von Monitoring-Daten 232
- E. Gefährlichkeitsbewertung nach dem E4Chem-Modell 234
- F. Das EXTND-Submodell zur Expositionsanalyse 234
- G. Das OECD-Standard-Umweltmodell 234
- H. Kompartimente und Prozesse in einem Umweltmodell 236
- I. Wirkungsanalyse mittels Computerstudie 236

Literaturverzeichnis 238

Sachverzeichnis 240