

Inhalt

Teil I Chemische Grundlagen 1

- 1 Einleitung 1
- 2 Allgemeine Chemie 2
 - 2.1 Abgrenzung von Chemie, Physik und Biologie 2
 - 2.2 Einteilung der Stoffe 3
 - 2.3 Trennung von Gemengen 4
 - 2.4 Gehaltsgrößen von Lösungen 7
 - 2.5 Identifikation von Stoffen 11
 - 2.6 Aufbau der Stoffe 11
 - 2.6.1 Vorstellungen über den Aufbau der Atome 12
 - 2.6.2 Modellvorstellungen über den Aufbau der Atomhülle 14
 - 2.6.3 Periodensystem der Elemente 15
 - 2.6.4 Vorstellungen über den Aufbau von Verbindungen 17
 - 2.6.4.1 Atombindung (Kovalente Bindung) 17
 - 2.6.4.2 Polarisierte Atombindung 19
 - 2.6.4.3 Ionenbindung 22
 - 2.6.4.4 Metallbindung 24
 - 2.6.4.5 Wertigkeitsbegriffe 26
 - 2.7 Chemische Reaktionen 28
 - 2.7.1 Chemische Reaktionsgleichung 28
 - 2.7.2 Energieumsatz bei chemischen Reaktionen 31
 - 2.7.3 Geschwindigkeit chemischer Reaktionen 34
 - 2.7.4 Chemisches Gleichgewicht 35
 - 2.7.5 Redoxreaktionen 39
 - 2.7.5.1 Oxidation, Reduktion 39
 - 2.7.5.2 Elektrochemie 42
 - 2.7.6 Protolysen 49
 - 2.8 Nomenklatur anorganischer Verbindungen 54
 - 3 Chemische, physikalisch-chemische und physikalische Berechnungen 60
 - 3.1 Massenanteil von Elementen in Verbindungen 60
 - 3.2 Empirische Formel einer Verbindung 61
 - 3.3 Chemische Reaktionen 63
 - 3.3.1 Formulieren von Reaktionsgleichungen 63
 - 3.3.2 Umsatz und Ausbeute 65

VIII *Inhalt*

- 3.3.3 Gasgesetze 67
- 3.3.4 Energieumsatz, Heizwert 69
- 3.4 Lösungen 73
 - 3.4.1 pH-Wert 73
 - 3.4.2 Gehaltsgrößen 75
 - 3.4.2.1 Anteile 75
 - 3.4.2.2 Konzentrationen 77
 - 3.4.2.3 Löslichkeit L^* 81
 - 3.4.2.4 Löslichkeitsprodukt L 82
 - 3.4.2.5 Verdünnen und Konzentrieren von Lösungen 85
- 3.5 Spezifische Stoffkennwerte 88
 - 3.5.1 Spezifische Schmelzwärme q 88
 - 3.5.2 Spezifische Verdampfungswärme r 88
 - 3.5.3 Spezifische Wärmekapazität c 89
 - 3.5.4 Längenausdehnung 90
 - 3.5.5 Volumenausdehnung 90
 - 3.5.6 Dichte ρ 91
- 3.6 Quantitative Analytik 92
 - 3.6.1 Photometrie 92
 - 3.6.2 Volumetrie 93
 - 3.6.2.1 Neutralisationstitrationsen 94
 - 3.6.2.2 Fällungstitrationsen 98
 - 3.6.2.3 Redoxstitrationsen 99
 - 3.6.2.4 Komplexbildungstitrationsen 100
 - 3.6.3 Gravimetrie 101
- 3.7 Glühverlust, Glührückstand 102
- 3.8 Schüttgrößen 103
 - 3.8.1 Schüttdichte 103
 - 3.8.2 Schüttwinkel 105

- 4 Anorganische Chemie 106**
 - 4.1 Erste Hauptgruppe 106
 - 4.1.1 Wasserstoff 106
 - 4.1.2 Alkalimetalle 107
 - 4.1.2.1 Lithium 107
 - 4.1.2.2 Natrium 107
 - 4.1.2.3 Kalium 110
 - 4.1.2.4 Rubidium, Caesium, Francium 110
 - 4.2 Zweite Hauptgruppe 110
 - 4.2.1 Beryllium 111
 - 4.2.2 Magnesium 111
 - 4.2.3 Calcium 111
 - 4.2.4 Strontium, Barium, Radium 112
 - 4.3 Dritte Hauptgruppe 112
 - 4.3.1 Bor 112
 - 4.3.2 Aluminium 113

- 4.3.3 Gallium, Indium, Thallium 115
- 4.4 Vierte Hauptgruppe 115
 - 4.4.1 Kohlenstoff 115
 - 4.4.2 Silicium 119
 - 4.4.3 Germanium 120
 - 4.4.4 Zinn 121
 - 4.4.5 Blei 121
- 4.5 Fünfte Hauptgruppe 121
 - 4.5.1 Stickstoff 122
 - 4.5.2 Phosphor 124
 - 4.5.3 Arsen, Antimon, Bismut 125
- 4.6 Sechste Hauptgruppe 126
 - 4.6.1 Sauerstoff 126
 - 4.6.2 Schwefel 126
 - 4.6.3 Selen, Tellur, Polonium 128
- 4.7 Siebte Hauptgruppe 128
 - 4.7.1 Fluor 128
 - 4.7.2 Chlor 129
 - 4.7.3 Brom 129
 - 4.7.4 Iod, Astat 130
- 4.8 Achte Hauptgruppe 130
- 4.9 Nebengruppenelemente 130
 - 4.9.1 Erste Nebengruppe: Kupfer, Silber, Gold 131
 - 4.9.2 Zweite Nebengruppe: Zink, Cadmium, Quecksilber 134
 - 4.9.3 Dritte Nebengruppe: Scandium, Yttrium, Lanthan (und Lanthanide), Actinium (und Actinide) 135
 - 4.9.4 Vierte Nebengruppe: Titan, Zirkonium, Hafnium, Unnilquadium 136
 - 4.9.5 Fünfte Nebengruppe: Vanadium, Niobium, Tantal, Unnilpentium 138
 - 4.9.6 Sechste Nebengruppe: Chrom, Molybdän, Wolfram, Unnilhexium 139
 - 4.9.7 Siebte Nebengruppe: Mangan, Technetium, Rhenium, Unnilseptium 139
 - 4.9.8 Achte Nebengruppe 140
 - 4.9.8.1 Eisengruppe: Eisen, Cobalt, Nickel 140
 - 4.9.8.2 Platinmetalle: Ruthenium, Rhodium, Palladium, Osmium, Iridium, Platin, Unniloctium, Unnilennium 142
- 5 **Organische Chemie** 146
 - 5.1 Einführung 146
 - 5.2 Einteilung der organischen Verbindungen 148
 - 5.3 Kohlenstoffatombindungen 149
 - 5.3.1 Einfachbindung 150
 - 5.3.2 Doppelbindung (Zweifachbindung) 150
 - 5.3.3 Dreifachbindung 151
 - 5.3.4 Aromatische Bindung 151
 - 5.4 Grundtypen von Reaktionen 152
 - 5.4.1 Substitution 153
 - 5.4.2 Addition 153

X	Inhalt
5.4.3	Eliminierung 153
5.4.4	Umlagerung 154
5.5	Rohstoffe Erdöl, Erdgas, Kohle 154
5.5.1	Erdöl 154
5.5.2	Erdgas 156
5.5.3	Kohle 156
5.6	Verbindungsklassen 157
5.6.1	Kohlenwasserstoffe 157
5.6.1.1	Aliphatische Kohlenwasserstoffe 157
5.6.1.2	Cyclische Kohlenwasserstoffe 162
5.6.2	Halogenkohlenwasserstoffe (HKW) 164
5.6.3	Hydroxy-Verbindungen 164
5.6.3.1	Alkohole 164
5.6.3.2	Aromatische Hydroxy-Verbindungen (Phenole) 166
5.6.4	Ether 167
5.6.5	Aldehyde 167
5.6.6	Ketone 168
5.6.7	Carbonsäuren 168
5.6.8	Ester 170
5.6.8.1	Fette und Öle 170
5.6.9	Tenside und Waschmittel 171
5.6.10	Kohlenhydrate (Kohlehydrate) 179
5.6.11	Organische Stickstoff-Verbindungen 181
5.6.11.1	Nitro-Verbindungen 181
5.6.11.2	Amino-Verbindungen (Amine) 181
5.6.11.3	Eiweiße 182
5.6.11.4	Carbonsäureamide 184
5.6.12	Organische Schwefel-Verbindungen 185
5.6.13	Kunststoffe 185

Teil II Chemie und Analytik von Wasser, Abwasser und Abfall 197

6	Grundlagen der Chemie und der Analytik des Wassers 197
6.1	Einführung 197
6.2	Wasserarten 197
6.3	Aspekte der Chemie und Toxikologie von Wasserinhaltsstoffen 198
6.3.1	Anorganische Stoffe 199
6.3.1.1	Kationen 199
6.3.1.2	Anionen 206
6.3.1.3	Gelöste Gase 211
6.3.1.4	Nichtelektrolyte 212
6.3.2	Organische Stoffe 213
6.3.2.1	Pestizide (Schädlingsbekämpfungsmittel) 213
6.3.2.2	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK, PAH) 214
6.3.2.3	Halogenkohlenwasserstoffe (HKW) 215
6.3.2.4	Phenole 215

- 6.3.2.5 Kohlenwasserstoffe (KW) 216
- 6.3.2.6 Tenside 216
- 6.3.2.7 Fette 217
- 6.3.2.8 Polychlorierte Dibenzodioxine (Dioxine) 217
- 6.3.2.9 Methanal (Formaldehyd) 217
- 6.3.2.10 Hydrazin 217
- 6.4 Analyse von Wasserproben 218
 - 6.4.1 Probenahme von Wässern und Schlämmen 218
 - 6.4.2 Durchführung der Wasseranalyse 220
 - 6.4.2.1 Organoleptische und sensorische Prüfung 226
 - 6.4.2.2 Physikalische und physikalisch-chemische Untersuchungen 227
 - 6.4.2.3 Bestimmung chemischer und biochemischer Summenparameter 230
 - 6.4.2.4 Bestimmung chemischer Gruppenparameter 242
 - 6.4.2.5 Bestimmung der gelösten Gase 244
 - 6.4.2.6 Bestimmung der Kationen und Anionen 248
 - 6.4.3 Beurteilung und Interpretation der Ergebnisse 262
 - 6.4.3.1 Grundwasser 262
 - 6.4.3.2 Oberflächenwasser 263
 - 6.4.3.3 Trinkwasser 264
 - 6.4.3.4 Abwasser 265
 - 6.4.3.5 Beurteilung und Interpretation einzelner Parameter 266
- 6.5 Chemische und physikalische Verfahren der Wasserbehandlung 267
 - 6.5.1 Neutralisation 267
 - 6.5.2 Fällung 268
 - 6.5.3 Flockung 268
 - 6.5.4 Ionenaustausch 269
 - 6.5.5 Redoxreaktionen 269
 - 6.5.6 Adsorption 270
 - 6.5.7 Entfernung von Ölen 270
 - 6.5.8 Emulsionsspaltung 271
 - 6.5.9 Membran-Verfahren 271
- 7 Chemische Aspekte der Wasserversorgung 272**
 - 7.1 Belüftung 272
 - 7.2 Entkeimung 272
 - 7.3 Entsäuerung und Entkieselung 273
 - 7.4 Enteisung 273
 - 7.5 Entmanganung 273
 - 7.6 Entfernung von Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen (Schönung) 274
 - 7.7 Enthärtung und Entsalzung 274
 - 7.8 Entfernung von Stickstoff-Verbindungen 275
- 8 Chemische Aspekte der Abwasserreinigung 276**
 - 8.1 Prinzipien von Abwasserreinigungsanlagen 276
 - 8.2 Inhaltsstoffe einzelner Abwasserarten 277
 - 8.2.1 Häusliches Schmutzwasser 277
 - 8.2.2 Gewerbliches Schmutzwasser 278

XII *Inhalt*

- 8.2.2.1 Beizereien 279
- 8.2.2.2 Bergwerke 279
- 8.2.2.3 Brauereien 279
- 8.2.2.4 Brennereien und Hefefabriken 279
- 8.2.2.5 Chemische Industrie 279
- 8.2.2.6 Chemische Reinigungsanstalten 280
- 8.2.2.7 Färbereien, Farbstoffindustrie 280
- 8.2.2.8 Galvanisierbetriebe 280
- 8.2.2.9 Gemüse-, Sauerkraut- und Zuckerfabriken 281
- 8.2.2.10 Gerbereien 281
- 8.2.2.11 Kartoffelverarbeitende Betriebe 281
- 8.2.2.12 Kokereien und Teerverwertungsbetriebe 281
- 8.2.2.13 Milchverarbeitende Betriebe 281
- 8.2.2.14 Raffinerien, Petrochemische Betriebe 282
- 8.2.2.15 Schlachthöfe 282
- 8.2.2.16 Stahl- und Walzwerke, Härtereien 282
- 8.2.2.17 Tankstellen, Kraftfahrzeugbetriebe 282
- 8.2.2.18 Viehaufzucht 282
- 8.2.2.19 Wollwäschereien, Wollkämmereien 283
- 8.2.2.20 Zellstoff- und Papierindustrie 283
- 8.2.3 Tensidhaltige Abwässer 284
- 8.2.4 Niederschlagswasser 284
- 8.2.5 Kommunales Abwasser 284
- 8.3 Chemische Verfahren zur Abwasserbehandlung 285
 - 8.3.1 Neutralisation 286
 - 8.3.2 Weitergehende Reinigung 287
 - 8.3.3 Redoxreaktionen (Entgiftung im engeren Sinne) 287
 - 8.3.4 Naßoxidation 288
 - 8.3.5 Fällung 288
 - 8.3.6 Abwasserverbrennung 299
- 8.4 Abwasser- und Schlammanalytik 299
 - 8.4.1 Reinigungsgrad 299
 - 8.4.2 Schlammanalytik 300
 - 8.4.2.1 Schlammstabilisation 300
 - 8.4.2.2 Gehalt organischer Säuren 301
 - 8.4.2.3 Feststoffgehalt (Trockensubstanz und Trockenrückstand) 301
 - 8.4.2.4 Glührückstand und Glührverlust 302
 - 8.4.2.5 Schwermetallgehalte 302
- 8.5 Düngewert von Klärschlamm 303
- 8.6 Faulgas (Heizwert, Entschwefelung) 303

- 9 Chemische Aspekte der Abfallentsorgung 304**
 - 9.1 Einführung in die Abfallanalytik 304
 - 9.2 Abfallarten 305
 - 9.3 Sammlung, Transport, Lagerung von und Umgang mit gefährlichen Sonderabfällen 309

9.4	Analytik von Abfällen und Verfahren der Abfallbehandlung	315
9.4.1	Einführung in die Abfallanalytik	315
9.4.2	Deponie	317
9.4.3	Abfallverbrennung (Müllverbrennung)	319
9.4.3.1	Analytische Parameter	319
9.4.3.2	Prozeßschritte der Müllverbrennung	320
9.4.3.3	Rauchgasbehandlung	320
9.4.3.4	Sonderabfallverbrennung	322
9.4.4	Pyrolyse	322
9.4.5	Kompostierung	323
9.5	Recycling (Wiederverwendung und Weiterverwertung von Abfallstoffen)	324
9.5.1	Begründung der Notwendigkeit von Recycling	324
9.5.2	Metalle	324
9.5.3	Papier, Pappe	327
9.5.4	Glas	327
9.5.5	Reifen	327
9.5.6	Kunststoffe	328
9.5.7	Lösungsmittel	329
9.5.8	Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW), Kühlschränke	329
9.5.9	Altöle	330
9.5.10	Klärschlamm	330
9.5.11	Bauschutt	330

Anhang A Qualitätsanforderungen, Richt- und Grenzwerte für verschiedene Wasserarten, Abwässer, Klärschlamm und Boden 332

Anhang B Kennzeichnung von Gefahrstoffen 345

Anhang C Abkürzungen, mathematische Zeichen, griechisches Alphabet 354

Lösungen der Übungen 357

Literaturverzeichnis 365

Register 369

Periodensystem der Elemente als Ausschlagtafel am Ende des Bandes